



Tommi Rautiainen

Tuotantolinjan käytettävyyden parantaminen varaosahallinnan ja kunnossapidon avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
4.5.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Tommi Rautiainen Tuotantolinjan käyttöasteen parantaminen varaosahallinnan avulla 39 sivua + 1 liitettä 4.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietoliikennetekniikka
Ohjaaja(t)	tehdaspalvelupäällikkö Juha Leppänen lehtori Matti Sundgren
<p>Tämän insinööritoiminnan tavoitteena oli parantaa tuotantolinjan käytettävyyttä ennakoivalla kunnossapidolla ja varaosahallinnan avulla. Yrityksenä toimii Lohjalainen Cembrit Oy ja painopisteenä oli sen pinnoituslinja. Työ tehtiin osana Cembrit Oy:n kunnossapidon kehittämisprojektia.</p> <p>Insinööritoiminnan tarkoituksena oli kartoittaa pinnoituslinjalla käytettävät komponentit koskien moottoreita ja vaihteistoja. Varaosakartoituksella saavutetuilla tiedoilla oli tarkoitus parantaa varaosahallintaa, jotta tarvittavat vaihtokoneet ja laitteet olisivat nopeasti saatavilla. Insinööritoiminnassa pohdittiin, mitkä näistä varaosista tulisi löytyä yrityksen omasta varastosta ja mitkä voisivat puolestaan sijaita valmistajalla. Tarvittavien nimikkeiden perusteella rakennettiin laiterakenteen pinnoituslinjan koneista sekä luokiteltiin varaosat kriittisyyden mukaan.</p> <p>Työssä etsittiin pinnoituslinjan ongelmakohtia, joissa laiterikkoja esiintyy usein. Näihin kohteisiin suunniteltiin ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä tai parannettiin näiden laitteiden suojausta. Ennaltaehkäiseville toimenpiteille tehtiin pinnoituslinjalle toimintasuunnitelma huoltoja varten. Näillä toimenpiteillä voidaan ennaltaehkäistä pitkiä tuotannonkatkoja ja niiden aiheuttamia menekkejä.</p> <p>Insinööritoiminnan tuloksena saavutettiin ajan tasalla olevaa tietoa pinnoituslinjan varaosista sekä parannettiin käytettävyyttä ja käyttövarmuutta linjan koneissa ja laitteissa.</p>	
Avainsanat	kunnossapito, varaosat

Author(s) Title Number of Pages Date	Tommi Rautiainen Improving the utilization rate of a production line through maintenance and spare parts management. 39 pages + 1 appendices 4 May 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructor(s)	Juha Leppänen, Factory Service Manager Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to improve the usability of a production line with preventive maintenance and spare parts management. The Bachelor's thesis was done as a part of the maintenance development project at a company.</p> <p>The spare parts of a coating line were surveyed, and the data acquired were used to improve the spare parts management so that the necessary replacement equipment would be rapidly available. The survey resulted in information of the necessary items. The data are used to draw up a register of the devices on the coating line. The Bachelor's thesis discussed which of the devices should be found in the company's own stock, and which could be located with the manufacturer.</p> <p>Another goal of the final year project was to find the phases in the production line with unusually many reoccurring faults. These phases should be redesigned to either prevent the equipment failures or to improve the protection of the devices. The decisions can prevent lengthy production shutdowns.</p> <p>The result of the project was updated data about the spare parts, as well as improved usability of a production line. The data gathered during the final year project is to be used when the future maintenance system is created.</p>	
Keywords	maintenance, spare parts

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Cembrit Oy	2
2.1	Prime-maalauskonelinja	3
2.2	Primen nykytilanne	4
2.3	Tulevaisuuden näkymät	5
3	Kunnossapito	6
3.1	Kunnossapito-organisaatio	7
3.2	Kunnossapitolajit	7
3.2.1	Huolto	8
3.2.2	Ehkäisevä kunnossapito	8
3.2.3	Kunnonvalvonta	10
3.2.4	Korjaava kunnossapito	11
3.2.5	Parantava kunnossapito	11
3.2.6	Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	12
3.3	RCM	14
3.4	TPM	15
3.5	Kunnossapitojärjestelmä	16
3.6	Kunnossapidon kustannustehokkuus	18
4	Varaosat ja varastointi	22
4.1	Varaosien luokittelu ja positiointi	23
4.2	Varaosien kartoitus	25
4.3	Varaosien ja materiaalien varastointi	29
4.4	Vertailuesimerkki	31
5	Johtopäätökset	33
5.1	Parannusehdotukset	33
5.2	Ongelmakohdat pinnoituslinjalla	36
6	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Huoltosuunnitelma	

1 Johdanto

Nykyaikaisessa tuotannossa on käytettävyyks eli prosessin jatkuva toiminta tullut entistä tärkeämmäksi ja keskeisemmäksi asiaksi. Laitteiden vikaantumista aiheutuva korjaava kunnossapito aiheuttaa aina suuret kustannukset, joten uusia kehittyneempiä menetelmiä on etsittävä ja niitä kehitettävä. Uusia ratkaisuja ollaan nykyään toteuttamassa kokonaisvaltaisen – laadukkaan, ympäristömyönteisen ja jatkuvaan parantamiseen panostavan – kunnossapidon avulla, jossa oikeilla toimenpiteillä voidaan tehokkaasti vaikuttaa kaikkiin tuotannon osa-alueisiin, eikä siis ainoastaan kunnossapitokustannuksiin. [1]

Teollisuuden kunnossapito on kehittynyt voimakkaasti viime vuosikymmeninä perinteisestä korjaavasta kunnossapidosta käyttövarmuutta painottavaan ennakoivaan kunnossapitoon ja kunnonvalvontaan. Työn tilannut Lohjalainen Cembrit Oy on myös painottamassa ennakoivan kunnossapidon merkitystä. Insinööriyön painopisteenä on Cembrit Oy:n maalauskonelinja, johon ollaan lisäämässä ennakoivan kunnossapidon roolia. Työssä on tavoitteena tutkia linjastolle sopivia huoltomenetelmiä, joilla voitaisiin ennalta ehkäistä ongelmakohtien laiterikkoja ja samalla välttää tuotannonkatkoilta.

Insinööriyössä esitellään erilaisia kunnossapidon menetelmiä ja vertaillaan, mitkä menetelmät sopisivat parhaiten kohteena olevan maalauslinjan huoltotoimenpiteisiin. Työssä kerrotaan myös, minkälaisia vaikutuksia kunnossapidolla ja varaosilla, sekä niiden hallinnalla on tuotantolinjan käyttöasteeseen. Kunnossapidon ja huoltojen lisäksi kehitetään maalauskonelinjan varaosien hankintaa ja varaosavaraston ylläpitoa.

Tämä insinööriyö tehdään osana yrityksen kunnossapidon kehittämisprojektia. Yritykseen ollaan hankkimassa kunnossapitojärjestelmää, jonka pohjana työn tulokset toimivat. Työssä kerrotaan myös, minkälaisia tietoja tarvitaan toimivan kunnossapitojärjestelmän käyttöön ja luotettavien analysointien tekoon.

2 Cembrit Oy

Cembrit Oy (kuva 1) on yksi maailman suurimmista kuitusementtisten tasolevyjen valmistajista, markkinoijista ja kehittäjistä. Yritys sijaitsee Lohjan Muijalassa, noin 45 kilometriä Helsingistä. Tanskalaisen Cembritin tytäryhtiönä Cembrit Oy kuuluu myös tanskalaiseen FLSmidth & Co. A/S -yhtymään.

Cembritin liikevaihto oli vuonna 2010 noin 27,5 miljoonaa euroa. Tuotannosta menee vientiin noin 70 %. Yrityksen palveluksessa toimii lähes 160 henkilöä. Cembritin valmistamat levyt soveltuvat sekä uudis- että saneeraushankkeisiin. Niiden käyttökohteena ovat mm. julkisivut, väliseinät, märkätilat, sokkelit ja parvekekaiteet. Lisäksi Cembrit myy aaltoprofiilisia katelevyjä. [2]

Cembrit Oy koostuu Board-tehtaasta ja Prime-tehtaasta. Boardilla on kolme levykonetta, joissa tehdään yhdeksää eri värisävyistä peruslevyä, jotka tarvittaessa puhdistetaan kevythionnalla. Boardin valmiit levyt lähtevät suoraan myyntiin tai Primeen jälkikäsitteltäväksi.

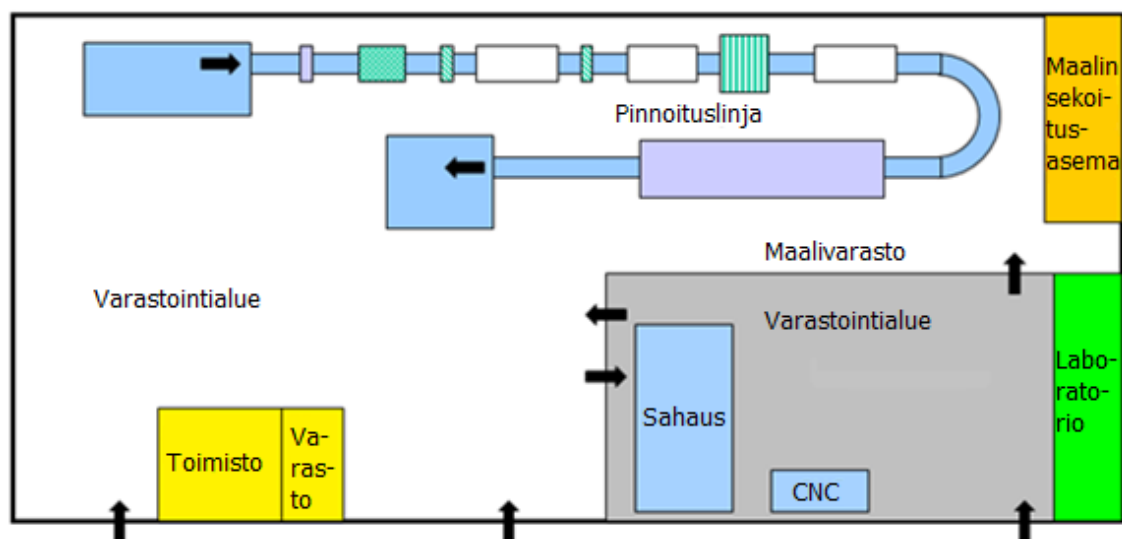


Kuva 1. Cembrit Oy

2.1 Prime-maalaukonelinja

Maalauslinjan tuotanto koostuu tällä hetkellä suurelta osin pinnoituksesta. Pinnoituslinjalla maalataan Boardilta tulleet levyt asiakkaiden tilausten mukaan. Värisävyjä on useita kymmeniä ja levykoot vaihtelevat asiakkaan tarpeesta. Vaihtelevat tilaukset tuovat omat haasteensa tuotannon suunnitteluun sekä ajojen toteutukseen. Tuotantoon kuuluu myös sahauslinja, jossa sahataan levyt tarpeiden mukaan, sekä CNC-koneesta, jossa koneistetaan haluttuja kuvioita levyihin. Itse pinnoituslinja, johon insinööritoiminta pääsääntöisesti kohdistuu, koostuu erilaisista kuljettimista, ruiskuautomaatista, uuneista, jäähdyttimestä sekä lajittelukoneikosta ja latojista (kuva 2.)

Maalauskonelinja on valmistunut syksyllä 2008. Linjaston on toimittanut italialainen yritys, joka on puolestaan käyttänyt useita alihankkijoita. Prime-tehtaalla työskentelee 45 henkilöä, joista 17 henkilöä pinnoituslinjalla. Pinnoituslinjan sekä CNC:n tuotanto toimii keskeytyvässä kolmivuorossa ja sahaus toimii katkeamattomassa kolmivuorossa.



Kuva 2. Prime, pohjakuva.

2.2 Primen nykytilanne

Tänä päivänä yritysmaailmassa pyritään vähentämään varastointia ja puskurivarastoja ja sitomaan varastoihin kulunut pääoma tuottavampiin kohteisiin. Tähän on myös Cembrit pyrkinyt, ja sen maalauslinjan lopputuotetta ei varastoida suuria määriä, vaan valmis tuote lähtee suoraan asiakkaalle. Tällä hetkellä kaikki maalauskonelinjan tilaukset tehdään siis räätälöidysti. Tilauksien monipuolisuudesta johtuen maalauslinjastolla on tietty aika suunnitella ja toteuttaa ajonsa. Nykyinen menettely aiheuttaa paineita linjastolle ja sen kunnossapitoon.

Pinnoituslinja on yhtenäinen yksikkö, joka koostuu useista eri laitekokonaisuuksista. Jokainen laite on toisistaan hyvin riippuvainen, sillä esimerkiksi yhden kuljettimen rikkoontuessa pysähtyy koko pinnoituslinja. Jos konerikon tai muun syyn takia linjasto joudutaan pysäyttämään pitkäksi aikaa, tämä aiheuttaa kustannuksia ja tuotannon ajot voidaan joutua suunnittelemaan uudestaan. Pitkien tuotannon menetyksen välttämiseksi linjasto vaatii tehokasta varaosahallintaa, joka lisää kunnossapidon ja ennakko-huoltojen merkittävyyttä.

Pinnoituslinjalla suoritettut huollot kohdistuvat tällä hetkellä enemmän linjaston puh-
taanapitoon ja korjauskunnossapitoon. Viikoittaisella huollolla suoritetaan linjan pesut sekä uunien ja pohjamaalin levityslaitteen puhdistukset. Kuljettimien ketjujen ja laakerien kunnostukset kuuluvat myös linjahuoltoon. Moottoreiden ja vaihteiden huoltotoiminta keskittyy vain korjauskunnossapitoon. Korjaavasta kunnossapidosta ollaan siirtymässä ennakoivan puolelle myös tällä osa-alueella.

Kaikkia koneita ja laitteita ei voida kerralla siirtää ennaltaehkäisevän kunnossapidon piiriin, vaan siirtymä tapahtuu vaiheittain. Siirtymä aloitetaan ongelmakohdista, jotka pääsääntöisesti löytyvät uuneista, niiden kuumien ympäristöolosuhteiden takia. Ennaltaehkäisevää huoltoa voitaisiin toteuttaa pinnoituslinjalla hyvin juuri viikoittaisten huoltojen yhteydessä ja viikonloppuina, jolloin tuotantoa ei pinnoituslinjalla ole. Näiden aikana saataisiin suunnitellun mukainen huoltotoiminta tehtyä linjaston katkoja lisäämättä.

2.3 Tulevaisuuden näkymät

Prime-maalauslinjastolla on hyvät tulevaisuuden näkymät, sillä jo kahden vuoden kuluttua linjaston startista, se muodostaa noin puolet yrityksen liikevaihdosta. Kysyntä on vain kasvamassa ja pinnoituslinjan on pystyttävä vastaamaan siihen. Kapasiteettiä ollaan mahdollisesti vuoden/kahden päästä kasvattamassa toisella pinnoituslinjalla, jolloin nykyisen linjan täytyy olla luotettava ja osana tehokkaassa kunnossapitotoiminnassa.

Yksi Cembritin strategisista tavoitteista on entistä nopeampi reagointi asiakkaiden tarpeisiin ja asiakaslupauksen pitäminen entistä paremmin. Jotta maalauslinja pystyy omalta osalta vaikuttamaan strategian toteutumiseen, täytyy sen linjaston olla luotettava ja panostaa ennakoivan kunnossapidon roolia. Maalauslinjan ongelmakohdat täytyy selvittää, ja niitä poistamalla voidaan ainakin osittain välttää tuotannon menetyksiä ja nostaa tuotannon tehokkuutta. Kuluvana vuonna 2011 tullaan Cembritissä investoimaan suuria summia tuotteiden tuotantoon ja suuren osan näistä investoinneista on tarkoitus tulla lähinnä maalauslinjalle. Kun laitekantaa lisätään, tämä aiheuttaa kunnossapidolle haasteita ja paineita. Joitakin kunnossapitohenkilöiden toimenpiteitä voitaisiin jakaa myös käyttöhenkilöstölle, jolloin tehokkuutta saadaan huomattavasti parannettua kunnossapidossa. Tulevaisuudessa voidaan mahdollisesti Cembritin julkisivulevyä käyttää kuvan 3 mukaisella tavalla.



Kuva 3. Cembritin julkisivulevyjen mahdollinen tulevaisuuden käyttötapa

3 Kunnossapito

Perinteisesti kunnossapidon on ymmärretty olevan vikojen korjausta. Nykyaikana käsitys on aivan liian suppea, kunnossapito onkin nimensä mukaisesti käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä ja säilyttämistä. Kunnossapito on keino vastustaa ja hidastaa tai kompensoida koneiden ja laitteiden kulumista ja sen seurauksena rikoontumista. Aikaisemmin kunnossapidon tavoitteena on ollut saavuttaa mahdollisimman suuri luotettavuus tai tuotantokyky. Nykyaikaisena käsitteenä luotettavuuden tulee olla sopiva ja hallittu. Kunnossapitotoimintojen tavoitteena on pitää oikean käyttövarmuuden ja työturvallisuuden saavuttamista ja ylläpitämistä mahdollisimman pienin kustannuksin. [3, s. 11–13.]

Kunnossapito on yrityksessä pääoma ja raaka-ainekustannusten jälkeen suurin kustannus. Kunnossapidon kustannuksiin vaikuttaa kaksi tekijää, toiminnan tehostuminen sekä uusien kunnossapidontekniikoiden aiheuttamat kustannukset. Yrityksen tuloksen muodostumiseen kunnossapitokustannus on välillinen, mutta sen vaikutuksen tunteminen on välttämätöntä, jotta pystytään selvittämään esimerkiksi kunnossapitopanostusten synnyttämät tuotot. Oleellista kilpailukyvyn säilyttämiseen on pienentää kunnossapidonkustannusten osuutta valmiissa tuotteessa. Tämä tarkoittaa, että kun kokonaiskustannukset nousevat, tulisi samalla rahamäärällä saada aikaan enemmän, jolloin määrärahat tulisi käyttää siellä, missä ne tuottavat enemmän. [3, s. 20–22.]

Tehokkuus on kunnossapidossa korostunut. Tuotantolaitteiden toiminnallinen luotettavuus perustuu siihen, että laite on moitteettomassa kunnossa, jolloin sen vaikutus ei laajennu laitteen muihin koneisiin. Tehoton kunnossapito kiihdyttää uusien vikojen syntymistä laitteen muihin koneisiin. Heikko huolto, huonot tarvikkeet ja varaosat lisäävät näiden vikojen syntymistä. [3, s. 21.]

Kunnossapito on nykyään yritykselle elintärkeä. Sen hoitaminen edellyttää tehokasta järjestelmää alati vähenevässä miehityksessä. Cembrit Oy kuten monet muutkin yritykset ovat ulkoistaneet kunnossapitopalveluja, jolloin käyttöhenkilöstö ja kunnossapito-henkilöstö ovat eri organisaatiosta. Tällöin on tärkeää, että koneisiin liittyvä tieto kulkee katkeamattomasti ja nopeasti eri organisaatioiden välillä.

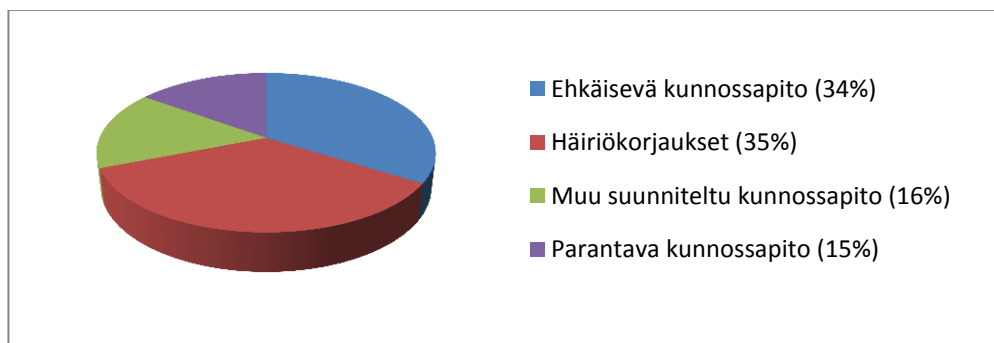
3.1 Kunnossapito-organisaatio

Tehtaan oma kunnossapito-organisaatio koostuu tällä hetkellä tehdaspalvelupäälliköstä, kunnossapitoinsinööristä ja kiinteistöinsinööristä sekä viidestä vuorolaitosmiehestä. Vuorolaitosmiehet ovat keskittyneet koneiden ja laitteiden mekaaniseen korjaamiseen. Sähkökunnossapito on tilattu ulkopuoliselta yritykseltä, jonka palvelu koostuu sähkökäytönjohtajasta, päiväsähkömiehestä ja vuorosähkömiehistä. Normaalin miehityksen lisäksi, heiltä on saatavissa useampi asentaja paikalle, mikäli projektit sen vaativat. Käytännössä tämä menee siten, että päivisin tehtaalla on kahdesta kolmeen sähköasentajaa. Erilaiset sähköprojektit suunnitellaan yhdessä palveluntarjoajan kanssa ja käytetään tarpeen mukaan myös lisätövoimaa, sekä ulkopuolisia palveluntarjoajia.

Cembritissä kunnossapidon työt koostuvat tuotannon aikana tehdyistä huoltotoimenpiteistä, uudistusprojekteista sekä jonkin verran ennakkohuollosta. Pääsääntöisesti yrityksen kunnossapidon toimenpiteet ovat keskittyneet häiriökorjauksiin, mutta tästä ollaan asteittain siirtymässä ennakoivien huoltojen toimintamalliin.

3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito määritellään toimenpiteiksi, joilla on tarkoitus pitää laitteet käyttökunnossa tai saada laitteet käyttökuntoon vaurioitumisen jälkeen. Tavoitteena kunnossapitotoiminnalla tuotannossa on suorittaa kunnonvalvontaa, tehdä huoltoja sekä korjata ja modifioida erilaisia koneita ja laitteita. Syntynyt vika on pystyttävä korjaamaan minimiviiveellä, mahdollisimman nopeasti ja edullisesti. Kunnossapito voidaan jaotella viiteen pääkategoriaan: huoltoon, ehkäisevään kunnossapitoon, korjaavaan kunnossapitoon, parantavaan kunnossapitoon, sekä vikojen ja vikaantumisen selvittämiseen. Kunnossapidon tekemistapaa teollisuudessa selvittää kuva 4. [4]



Kuva 4. Kunnossapidon tekemistapa teollisuudessa (Kunnossapitoyhdistys 07). [5, s. 28.]

3.2.1 Huolto

Huolloilla pidetään koneiden toimintaympäristö ja edellytykset sen toiminnalle mahdollisimman hyvänä. Siinä palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurioin syntyminen. Huoltoa suoritetaan pääsääntöisesti jaksotettuna ja jaksotus tapahtuu käyttöajan, käyttömäärän sekä käytön rasittavuuden mukaan. Määrävelin jaksotettuun huoltoon sisältyy seuraavat toiminnot:

- toimintaedellytysten vaaliminen, käyttäjien suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen. [3, s. 50.]

Ehkäisevän kunnossapidon ja huollon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä.

3.2.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ennaltaehkäisevän kunnossapidon huollot suoritetaan ennalta määrätyin aikavälein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Sillä pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurioituminen. Tavoitteena ehkäisevällä kunnossapidolla on vähentää laitteen rikkoontumista tai sen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevään kunnossapitoon voidaan sisällyttää jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito. Korjaava kunnossapito puolestaan pitää sisällään kunnostamisen ja korjaamisen. [3, s. 49.]

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa seurataan koneen suorituskykyä tai sen parametreja ja toimitaan havaintojen mukaan. Ehkäisevä kunnossapito on pääsääntöisesti suunniteltua säännöllistä toimintaa. Toiminta tapahtuu joko koneen käydessä tai erilaisten seisokkien yhteydessä. Jaksotettu kunnostaminen suunnitellaan esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan, tuotantomäärän tai käyttöenergian mukaisesti. [3, s. 50, 72.]

Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät

- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- testaaminen/toimintakunnon toteaminen
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi. [3, s. 50, 72.]

Ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus muodostuu siitä, kuinka hyvin on voitu ennakoon suunnitella kunnossapidon työt sekä aikatauluttaa nämä. Hyvin suunniteltu huolto on tiedossa 80-prosenttisesti jo kolme viikkoa etukäteen. Tällaisella suunnitelmallisuudella voidaan tilata varaosat ja tarvikkeet hyvissä ajoin sekä aikatauluttaa ja suunnitella toimenpiteet viiveittä. [3, s. 73.]

Perinteisesti suunnitelmallisuus on laadittu seuraavien asioiden mukaan [3, s. 75–77.]:

- aikaisemmat kokemukset vikaantumisista
- varaosat ja niiden käyttömäärät
- koneen ja sen osien toimintatapa
- koneen ja valmistajan suositukset.
- kriittisyys luokittelun mukaisesti
- RMC-analyysi, selvitys kohteissa syntyvistä vahingoista/ kustannuksista, josta toiminnot voidaan priorisoida.

Suunnitelmallisen kunnossapidon kustannukset ovat vain noin puolet suunnittelemattoman toiminnan kustannuksista. Suunnittelemattomasta toiminnasta aiheutuu tuotantomienetyksiä, joiden kustannukset ovat yli 10-kertaisia suunnitellun kunnossapidon kustannuksiin verrattuna. Ehkäisevä kunnossapito on siis huomattavasti edullisempi ja tehokkaampi tapa toimia. [3, s. 77.]

3.2.3 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on yleisnimitys tekniikoille, joita käytetään koneen kunnon määrittämiseen sen käynnin aikana. Kyse on jatkuvasta tai määräajoin tehtävästä mittaustoiminnasta. Esimerkiksi lämpötilan nousu merkitsee yleensä koneen kunnon huononemista. Kunnonvalvonta pitää sisällään tämän muutoksen havainnoinnin ja sen diagnostisoinnin, eli sen syyn tarkemman selvittämisen, kuinka vakava koneen vika on ja kuinka paljon käyttöikää koneella on jäljellä. [1]

Kunnonvalvonnassa on pyrkimys havaita alkavan vikaantumisen aiheuttama muutos mitattavassa suureessa, jolloin normaalista poikkeava tilanne huomataan ajoissa. Ajoissa huomatus poikkeaman johdosta jää toimenpiteiden suunnittelulle riittävästi aikaa ja suunnitelmat voidaan tehdä todelliseen tietoon perustuen. Luotettavan tiedon perustana on, että vääriä hälytyksiä tulee mahdollisimman harvoin. Tämän lisäksi on tärkeää selvittää vian aiheuttaja ja siitä johtuva vakavuusaste. Kunnonvalvonta voidaan siis jakaa seuraaviin osa-alueisiin [1]:

- poikkeavan tilanteen havaitseminen
- poikkeaman syyn selvittäminen
- arvio siitä, kuinka vakava poikkeama on
- toimenpidesuositus
- poikkeaman alkusyy selvittäminen ja mahdollinen parantava toimenpide.

Kunnonvalvonnassa mitataan siis erilaisia fysikaalisia suureita laitteesta sen käynnin aikana. Parhaat tulokset saavutetaan kun kunnonvalvontamittauksia tehdään säännöllisesti. Säännöllisillä mittauksilla voidaan eri kertojen tuloksia verrata toisiinsa ja seurata mitattujen arvojen kehittymistä. Moniparametrivalvonnalla seurataan samasta laitteesta useita eri suureita ja saavutetaan analyyseistä luotettavampia, verrattuna yksittäisiin mittauksiin. Kunnonvalvonnalla voidaan mitata ainakin seuraavia suureita [1]:

- värinä (useita eri mittaussuureita)
- lämpötila
- voiteluöljyn puhtaus ja ominaisuudet
- sähkövirta ja
- paine, virtaus, käyntinopeus ym. muut prosessisuureet.

Tärkein kunnonvalvonnan menetelmistä on tärinän, eli värähtelyn mittaukset. Kun arvioidaan dynaamisia ilmiöitä kuten tasapainoa, laakeroinnin kuntoa ja yleensä voimia, jotka kohdistuvat laitteen eri komponentteihin, pidetään tärinämittauksia tehokkaimpina keinoina löytää esimerkiksi epätasapaino, mekaaniset välykset, rakenteen resonanssitaajuudet, taipunut akseli, asennusvirheitä yms. [1]

Käynnin aikana mekaanisessa laitteessa havaittu lämpötilan kohoaminen on yleensä merkki kasvaneesta kitkasta. Kitka johtuu vauriosta tai voiteluhäiriöstä. Lämpötilan mittaaminen on käyttökelpoinen kunnonvalvontamenetelmä, mutta usein kohonneesta lämpötilasta johtuva vaurio on jo niin vakavalla asteella, että korjaamisen valmisteluun jäävä aika on liian pieni. Mikäli lämpötilaa mitataan lämpökameralla, täytyy mittauksia suorittaa useasti ja seuranta jatkaa pitkään, ennen kuin luotettavia tuloksia saadaan. Lämpökameralla mittaaminen on hyvä lisä esimerkiksi tärinämittausten ohella. [1]

3.2.4 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon, eli korjataan. Osan tai komponentin elinaika voidaan laskea korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla. Korjaava kunnossapito voi olla joko suunnittelematonta häiriökorjausta tai suunniteltua kunnostusta. Seuraavat toiminnot sisältyvät korjaavaan kunnossapitoon [3, s. 49.]:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen.

3.2.5 Parantava kunnossapito

Parantavilla kunnossapidonmenetelmillä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla parannetaan koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta. Epäedulliset kohteet kunnossapidollisesti muutetaan paremmiksi. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään.

Ensimmäisessä pääryhmässä muutetaan kohdetta käyttämällä uudempia osia tai komponentteja, kuitenkin kohteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta.

Toisessa pääryhmässä vaikuttavat erilaiset uudelleensuunnittelut ja korjaukset, joilla pyritään parantamaan koneen epäluotettavuutta. Tarkoituksena ei niinkään ole muuttaa suorituskykyä vaan parantaa koneen toimintaa luotettavammaksi.

Kolmannessa pääryhmässä modernisaatioilla halutaan muuttaa kohteen suorituskykyä. Samalla uudistetaan koneen ohella myös valmistusprosessin toimintaa. Kilpailukykyä parannettaessa modernisaatiot yleistyvät nopeasti, sillä koneilla usein pystytään tuottamaan pidempään, kuin sen valmistamien tuotteiden elinkaari on. Yksinkertaisesti vanhalla koneella ei pysty kilpailukykyisesti valmistamaan sellaisia tuotteita kuin markkinat haluaisivat. [3, s. 51]

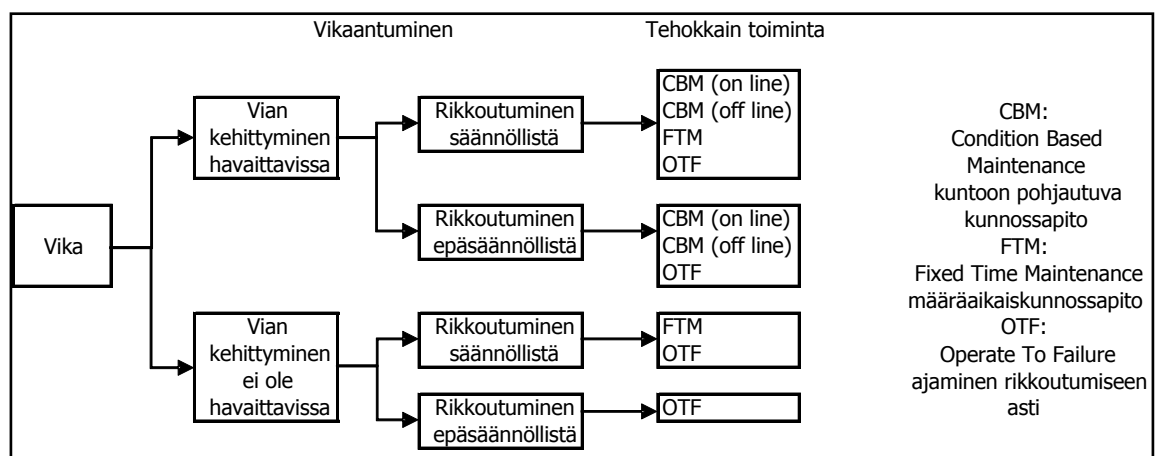
3.2.6 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi ole mielletty kunnossapitoon kuuluvaksi toiminnaksi. Vain harvoissa yrityksissä on otettu käyttöön vikojen selvittely ja analysointi. Tulevaisuudessa vikahistorioiden ja riskianalyyysien käyttö tulee muodostumaan yhdeksi tärkeimmistä yritysten kunnossapitoa ohjaavista voimista. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä selvitetään vian perussyä ja vikaantumisprosessi. Tuloksilla voidaan estää vastaavien vahinkojen uusiutuminen. Tavanomaisia menetelmiä ovat. [3, s. 51.]

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen, simulointi
- mallintaminen
- perussyyn selvittäminen
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset / riskinhallinta.

Koneiden ja laitteiden vikaantuminen ei synny itsekseen, vaan jokaisella vialla on oma syntymä- ja kehitymisvaihe. Vikatila on viimeisin vaihe, ja kun sen kehitysketjuun päästään käsiksi riittävän aikaisin, voidaan vaurioita vähentää merkittävästi. Kunnossapidon ehkäpä tärkeimmäksi osa-alueeksi muodostuu vikojen ja vikaantumisen selvittäminen ja ymmärtäminen. Nykyään on tärkeämpää estää vikaantuminen kuin korjata vikoja tehokkaasti.

Kunnossapito-organisaation tärkein tehtävä on vähentää kunnossapidon tarvetta. Vasta toisella sijalla tulee kunnossapidon tekeminen tehokkaasti. Ennen uskottiin, että tekeillä kunnossapitoa perusteellisesti ja paljon, voidaan parantaa koneiden luotettavuutta. Nykyään uskomus on toisenlainen, koska joka kerta, kun kone avataan, suljetaan tai korjataan, se altistetaan vikaantumiselle. Tästä voidaan todeta, että ei saisi kajota toimivaan laitteeseen. Kone tulisi tarkastaa ilman, että sitä avataan, jolloin tehtävän tulisi hoitaa kunnonvalvonnalla ja visuaalisilla tarkastuksilla. Kun koneen luotettavuutta halutaan parantaa, tulisi ensimmäiseksi selvittää vikaantumiseen johtanut syy. [3, s. 53, 60, 62.]



Kuva 5. Vikaantumisen tuntemuksen hyödyntäminen kunnossapidon suunnittelussa [6, s. 137].

Vikojen kehittymisen tuntemuksella voidaan eri komponenteille suunnitella kunnossapitotoimenpiteitä (kuva 5). Jos komponentin vian kehittyminen on havaittavissa ja rikkoutuminen on säännöllistä, tehokkainta toimintaa kunnossapidossa on sen toiminnan seuraaminen mittaamalla. Jos mittaamista voidaan suorittaa koneen käydessä, ei kunnossapito aiheuta tuotantokatkoksia. Kun vikaantumiskehitys alkaa, ryhdytään kunnossapitotoimenpiteisiin. Toimenpiteiden jälkeen ei seurantaakaan tarvitse heti aloittaa ja säästetään valvontatyöaikaa. [6, s. 138.]

Jos komponentin vian kehittyminen on havaittavissa, mutta rikkoontumien epäsäännöllistä, joudutaan sen tilaa seuraamaan jatkuvasti, koska vian kehittyminen voi alkaa melko pian komponentin vaihdon jälkeen. Vaikeimmat kohteet kunnossapidollisesti ovat sellaisia, joissa vian kehittyminen ei ole havaittavissa ja rikkoutuminen epäsäännöllistä. Näissä toimenpiteiksi jää, että komponentti vaihdetaan, kun se on rikkoontunut. Tällöin varaosan täytyy olla nopeasti saatavilla. Toinen vaihtoehto on, että komponentille tehdään varajärjestelmä, joka käynnistyy automaattisesti komponentin rikkoontuessa. [6, s. 138.]

3.3 RCM

RCM (Reliability Centered Maintenance, luotettavuus keskeinen kunnossapito) on yksi menetelmistä, joilla kyetään kohdistamaan kunnossapitoa entistä paremmin ja varmistamaan laitteiden korkea luotettavuus. Menetelmällä pyritään erilaisilla analyyseillä löytämään sellaiset toimenpiteet, joilla varmistetaan laitoksen häiriötön toiminta mahdollisimman vähällä kunnossapitotyöllä. RCM:ssä lähdetään liikkeelle tekemällä vika-vaikutusanalyysi laitekokonaisuudesta. Analyysissä tarkastellaan millaisia vikoja koneeseen voi tulla, miten ne ilmenevät, mistä ne johtuvat ja mitä seurauksia niistä on koko tuotantolinjan toiminnalle. Kysymysten perusteella luodaan laitteelle kunnossapitostrategia. [6, s. 126.]

Vika-vaikutusanalyysin teko on työläs prosessi, sillä siinä käydään osa osalta laitteen kaikki osat läpi. Suurissa toimintokokonaisuuksissa kannattaa lähteä liikkeelle vikaherkimmistä ja kriittisimmistä osakokonaisuuksista. Kriittisyysluokittelu voidaan toteuttaa seuraavasti:

- Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat osat, jotka vikaantuessaan pysäyttävät koko tuotantolinjan tai heikentävät sitä huomattavasti sekä vaikuttavat turvallisuuteen tai ympäristöön.
- Toiseen luokkaan kuuluvat osat, joiden vikaantuessa tuotantolinjaa voidaan vielä pitää käynnissä. Lisäksi tähän kuuluvat osat jotka vaikuttavat hieman laatuun tai kapasiteettiin.
- Kolmanteen kuuluvat ne osat, joiden vikaantuessa voidaan tuotantolinjaa pitää käynnissä seuraavaan huoltoon asti kuitenkin kapasiteettia tai laatua oleellisesti huonontamatta. [6, s. 126–127.]

3.4 TPM

TPM (Total Productive Maintenance, tuottava kunnossapito) on koko organisaation kattava toimintamalli, jossa kaikki sitoutuvat ylläpitämään, kehittämään ja huoltamaan tuotantokapasiteettia. Sen avulla voidaan kehittää tuotantokoneistoa vastaamaan tulevaisuuden vaatimuksiin. [6, s. 42.]

Tuotantolinjan käyttöhenkilöstö ja kunnossapitäjät ovat perinteisesti olleet kaksi erillistä ryhmää. Tämä vanha jako on usein johtanut tilanteeseen, jossa kumpikin osapuoli suuntaa intressinsään omiin tavoitteisiin. Paljon tehokkaampi toimintatapa saavutetaan kun käyttöhenkilöstö ja kunnossapitäjien välillä toimii saumaton yhteistyö, jolloin käyttäjät käyttävät laitteitaan oikein ja mahdollisimman tehokkaasti. Laitteen käytön ja kunnossapidon yhdistämistä koneen hallintaan kutsutaan käynnissäpidoksi. Tämä toimintamalli on yksi TPM:n johtavista periaatteista. TPM:n ajatus on, että hyvä käyttäjä seuraa koneensa toimintaa. Paras tapa tämän toteuttamiseen on puhdistusten ja tarkastusten yhteydessä. Käyttäjän kunnossapidolliset toiminnot rajataan siihen, mitä hän pystyy suorittamaan lähinnä omien aistien avulla. [3, s. 24.]

Suunnitelmallinen huoltojärjestelmä kuuluu osana TPM-filosofiaan. Tämä edellyttää järjestelmällistä vika- ja häiriöseurantaa yhdessä tilausohjautuvan tuotannonohjauksen kanssa. Hallittujen tuotantoseisokkien pitää perustua analysoituun tietoon, jonka lähteinä toimivat tuotantoraportit, tiedot keskimääräisistä vikaväleistä, vikojen luokittelusta sekä odotusajoista. [6, s. 9.]

Tuottavan kunnossapidon onnistumisen perusedellytys on hyvä siisteys ja järjestys 5S-menetelmä. 5S on japanilainen toimintamalli, mikä tähtää työalueiden ja -pisteiden siisteyden ja järjestyksen systemaattiseen ylläpitämiseen. Menetelmän tarkoituksena on poistaa turhat tavarat tuotantotiloista ja luoda työturvallisuutta ja -viihtyvyyttä henkilöstölle. 5S menetelmällä saavutetaan työaikahukan vähentämistä, joka kuluu tavaroiden ja asioiden turhaan etsimiseen. Usein pelkästään sillä voidaan tuotantolaitoksen tulosta parantaa merkittävästi. Menetelmään luodaan mittarit, joilla ylläpidetään siisteyttä ja järjestystä, ja tapa sidotaan usein tulospalkkiojärjestelmään. [6, s. 81.]

Tämä 5S-menetelmä on otettu myös Prime-tuotantolinjalla käyttöön ja tarkoituksena on laajentaa käytäntö koko Cembitin tehtaalle.

3.5 Kunnossapitojärjestelmä

Kunnossapitojärjestelmä on tärkeä työkalu yrityksen tuotannon laitteiden kunnan arvioimiseen. Järjestelmään rekisteröidään kaikki tiedot ja kokemukset siitä, mitä on tehty ja milloin on tehty. Analysoinnin avulla voidaan hyödyntää kokemuseräiset tiedot samantyyppisissä projekteissa ja vikaantumistrendin avulla voidaan suunnitella ennakoitavat kunnossapitotyöt. Kunnossapitojärjestelmän tulee toimia yhdessä tuotannonohjauksen kanssa, jolloin saavutetaan järjestelmästä paras hyöty, sillä ennakoitavat kunnossapitotyöt voidaan suorittaa samanaikaisesti linjaston muiden huoltojen tai seisokkien aikana. Näin vältetään lisäämstä tuotannon seisokkeja kunnossapidon takia. Toimiva ja luotettava kunnossapitojärjestelmä saavutetaan pitkällä aikavälillä, kun siihen on liitetty rekistereistä ja mittareista saadut tiedot. Analysoinnin tuloksista voidaan puolestaan suunnitella ennakohuoltoja ja laitteiden parantamista. [10, s. 117.]

Cembritiin ollaan vasta hankkimassa kunnossapitojärjestelmää, ja ammattitaidolla ja kokemuksilla saavutetut tiedot ovat kulkeneet henkilöiltä toiselle. Asentajilla ei ole käytössään vikakirjausta tai muuta sellaista, johon voitaisiin rekisteröidä töiden kohdistus ja mitä missäkin on tehty sekä mitä varaosia kyseiseen kohteeseen on mennyt. Kunnollisella kirjauksella järjestelmään voitaisiin seurata työntekijöitä ja ajankäyttöä siitä, mitkä kohdat tuotannosta tuottavat ongelmia sekä mihin töihin aika kuluu. Tämä vaatii pitkää aikaväliä, jotta tuloksia voidaan luotettavammin analysoida. Näihin kohtiin, joissa havaitaan ongelmia, on syytä panostaa ja kehittää. Tuloksia täytyy osata analysoida oikein, sillä niistä täytyy huomioida, että työaika ei välttämättä kulu paljon, vaikka häiriöiden määrä olisikin suuri.

Kunnossapitojärjestelmän kierto tulisi mennä siten, että käyttöhenkilöstö tekee kunnossapitopyynnön laitteen mennessä rikki tai havaitessaan vikaa laitteen toiminnassa. Tämän jälkeen ilmoittaa kunnossapidon henkilölle tarvitsevana ammattihenkilöä säättämään tai korjaamaan laitetta. Tilaus luodaan kunnossapitopyynnön jälkeen tai tilaus voidaan tehdä suoraan, mikäli kyse on sovitusta korjaustyöstä. Näin voidaan erotella erilaiset toimenpiteet toisistaan ja saada tarkempaa tietoa töistä. Kun tilaus hyväksytään kunnossapitohenkilön toimesta, tarkoittaa se, että tilaus on otettu työn alle. Järjestelmästä kirjataan tarvittavat varaosat, jolloin pystytään pitämään varaosavarasto ajan tasalla.

Kun toimenpide on suoritettu, merkitään työtunnit ja kirjataan pienimuotoinen työnkuvaus. Näillä toimenpiteillä pystytään selvittämään, mitkä koneet aiheuttavat määrällisesti tai ajallisesti eniten häiriöitä sekä seuraamaan eri töiden todellisia kustannuksia tunteineen ja varaosineen.

Erilaisten projektien, korjaustöiden ja ennakkohuoltojen todelliset kustannukset saadaan selville, kun tutkitaan niille tehtyjä tilauksia. Tilauksista nähdään, kuinka paljon omia ja ulkoisia tunteja on käytetty ja mitä varaosia on kulutettu. Järjestelmästä voidaan arvioida eri projektien kustannuksia sekä vertailla niihin käytettyjä resursseja. [10, s. 117.]

Pinnoituslinjalla on käytössä valvomo-ohjelma, johon rekisteröidään tieto linjan käynnistä. Tätä käyntiä seurataan anturilla, joka havaitsee tuotteen kulun linjalla. Mikäli tietyllä viiveellä ei tuotantoa havaita, järjestelmä antaa tiedon valvomo-ohjelmalle linjaston katkosta. Jokaiselle toimintopaikkapositionille on lueteltu oma syynimike tuotantolinjan katkoon johtaneesta syystä (kuva 6.) Syynimikkeiden kirjaaminen on käyttöhenkilöstön vastuulla, mutta sen käyttö on ollut hajanaista. Ohjelma on ollut käytössä vain noin puolen vuoden verran, ja sen avulla ei vielä pysty luotettavaa rekisteriä toteuttamaan.

4	Tulvituslaite
4.1.	Suuttimet
4.2.	Puhallus
4.3.	Pumppu
4.4.	Kuljetin
4.5.	Sähkövika
6	1. telaysikkö
6.1.	Puhdistus
6.2.	Telan vaihto
6.3.	Pumppuvika
6.4.	Sähkövika

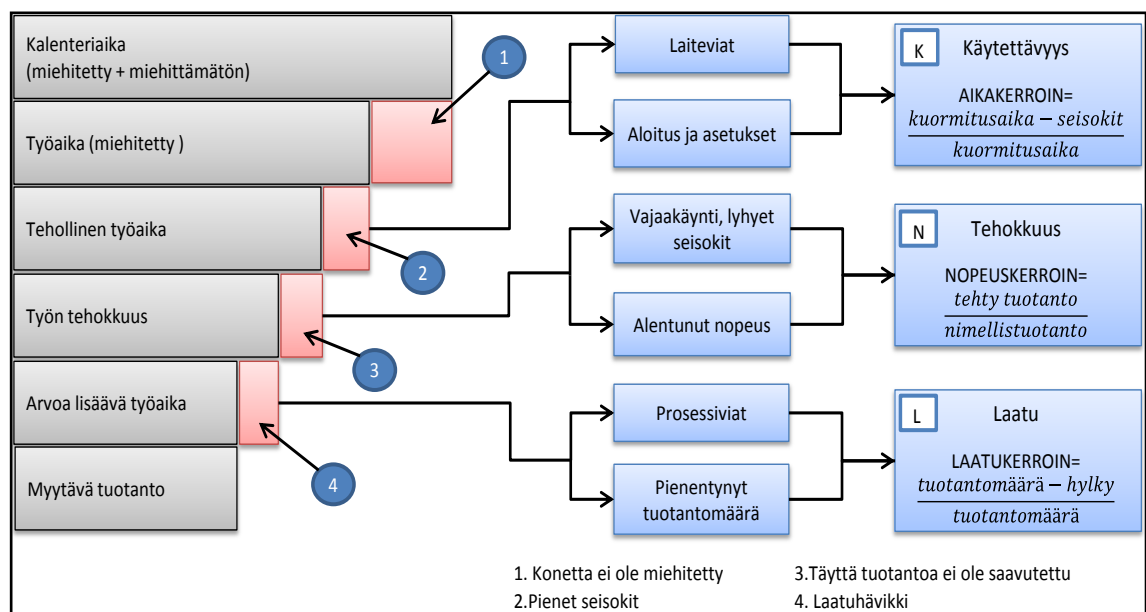
Kuva 6. Syynimikkeiden luokittelu.

Tarkalla kirjauksella voidaan analysoida linjastolla esiintyviä ongelmakohtia ja suunnitella ennakkohuoltoja kyseisiin laitteisiin. Lisäksi syynimikkeiden avulla voidaan aloittaa vikarekisterin rakentaminen, josta asentajat saisivat arvokasta tietoa esimerkiksi häiriökorjaukseen.

3.6 Kunnossapidon kustannustehokkuus

Kustannustehokkuutta haettaessa pyritään toimenpiteitä tekemään mahdollisimman vähän ja mahdollisimman vähällä työajan käytöllä. Joskus on kuitenkin pakko tehdä toimenpiteitä varmuuden vuoksi kriittisimmissä paikoissa. Toinen tärkeä seikka on huolellisuus ja ammattitaito. Organisaation tulee varmistaa koko henkilöstön ja palveluntarjoajien korkea ammattitaito. Useasti koneen rikkoutuminen on johtanut huolimattomasti suoritetusta huoltotyöstä. Lisäksi kaikista tehtävistä tulee olla selkeät prosessikuvaudet ja työohjeet. [6, s. 39.]

Käynnissäpidolla on hyvin suuri vaikutus yrityksen tulokseen, varsinkin sellaisissa yrityksissä, jossa pystytään myymään koko tuotantokapasiteetti, kuten Cembritissä. KNL on yksi tärkeimmistä kunnossapidon mittareista, kun halutaan mitata koneen toiminnan tehokkuutta. KNL-analyysi perustuu tuotantolaitteen käytettävyyden, tehokkuuden ja laadun tarkkailuun sekä niiden vertailuun. Jokaiselle tuotantolaitteen osalle tai koko linjalle tehdään edellä mainittujen kolmen vertailukohteen analyysi. Analyysistä saatujen arvojen perusteella verrataan tuloksia edellisiin lukemiin. KNL-analyysillä voidaan tuotantolaitoksen pullonkaulat tunnistaa ja poistaa ne prosessista. Menetelmällä voidaan tunnistaa kuusi hävikkiä (vikaa) koneen toiminnasta (kuva 7.)



Kuva 7. Kuusi KNL-hävikkiä [3 s. 104].

Käytettävyys koostuu toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden vaikutuksista toisiinsa. Käytävyyttä voidaan tarkastella seuraavilla käsitteillä [3, s. 42.]:

$$\text{Kunnossapidollinen ominaiskäytettävyys} = \frac{\text{käyntiaika}}{\text{käyntiaika} + \text{kunnossapidollinen seisokkiaika}}$$

$$\text{Kokonaiskäytettävyys} = \frac{\text{käyntiaika}}{\text{käyntiaika} + \text{käytön seisokki} + \text{kunnossapidollinen seisokkiaika}}$$

$$\text{Toiminnallinen käytettävyys} = \frac{\text{käyntiaika}}{\text{käyntiaika} + \text{käytön seisokki} - \text{kunnossapidollinen seisokkiaika}}$$

$$\text{Häiriötön käytettävyys} = \frac{\text{käyntiaika}}{\text{käyntiaika} + \text{häiriökorjausaika}}$$

Pinnoituslinjan käytävyyttä analysoitiin linjalla olevien sähkölaitteiden ja -koneiden osalta. Tarkastelussa on käytetty 6.7.–28.12.2010 valvomo-ohjelmasta ja sähköasentajien tuntiapuista kerätyistä tiedoista pinnoituslinjalle seuraavasti; linjaston toiminta kaikkiaan 2 487,9 tuntia, josta käyntiä 1 649,2 tuntia, tuotannonkatkoja 838,7 tuntia, josta sähkökunnossapidollista seisokkiaikaa 193 tuntia, josta häiriökorjaukseen kulunut aika 130 tuntia. Tällöin pinnoituslinjalle voidaan laskea

$$\text{Ominaiskäytettävyys} = \frac{1649,2}{1649,2 + 193} = 89,5 \%$$

$$\text{Kokonaiskäytettävyys} = \frac{1649,2}{1649,2 + 838,7} = 66,3 \%$$

$$\text{Toiminnallinen käytettävyys} = \frac{1649,2}{1649,2 + (838,7 - 193)} = 71,9 \%$$

$$\text{Häiriötön käytettävyys} = \frac{1649,2}{1649,2 + 130} = 92,6 \%$$

Tarkempi analyysi käytettävyyteen olisi saavutettu, jos myös tieto varaosan mahdolliseen odotusaikaan olisi ollut tiedossa. Saadut prosentit ovat maksimiarvoja, ja todellinen prosentti voi olla alhaisempi. Lisäksi sähköasentajien tuntiapuista seuratuilla tunteilla saattaa olla vaikutusta saatuun tulokseen pienentävästi, koska kaikkia sähkökunnossapidon töitä ei ole kohdistettu omalle toiminto- tai kustannuspaikalle.

Mikäli syynimikkeiden käyttö olisi tarkasteluajalta ollut tehokasta ja säännöllistä, olisi linjastolta saatu erittäin tarkkoja analyysijä aikaan ja se mahdollistaisi paremman vertailun eri menettelyihin. Tarkastelussa voidaan vain verrata kunnossapitoon kuluneita tunteja, mutta ei voitu ottaa huomioon odotusaikaa, joka linjastolla kului varaosien odotteluun kyseiseltä ajalta. Edellä ilmenneestä tarkastelusta voidaan todeta, että näihin prosentteihin voidaan nykyisellään päästä, mikäli tarvittavat varaosat löytyvät yrityksen varastosta.

Mikäli halutaan verrata käytettävyyttä ja sen parannusta prosentuaalisesti, täytyisi tietää, kuinka kauan on jotakin varaosaa jouduttu odottamaan sen puutteen takia. Tällaisen merkinnän avulla olisi helppo analysoida, kuinka paljon linjan käyttöaste paranee, kun kriittinen varaosa löytyy yrityksen omasta varastosta. Tarkastelua täytyisi toteuttaa linjan jokaiselle komponentille ja verrata niiden arvoja säännöllisesti.

Pinnoituslinjan KNL-analyysin tarkastelu suoritettiin myös samoilta ajoilta kuin edellinen käytettävyyden tarkastelu. Tarvittavat tiedot kerättiin valvomo-ohjelmasta seuraavasti: tuotantomäärä 333 534 m², hylkyä 43 910 m² sekä linjaston kapasiteetti on laskettu arvolla 345 m²/h. Tällöin

$$K = \frac{1649,2h}{2487,9h} = 66,3 \%$$

$$N = \frac{333534m^2}{1649,2h * 345m^2/h} = 58,6 \%$$

$$L = \frac{333534m^2 - 43910m^2}{333534m^2} = 86,8 \%$$

Kokonaistehokkuus pinnoituslinjalla **KNL** = 0,663*0,586*0,868 = **33,7 %**

Pelkästään uunien kuljettimien moottoreihin kulunut korjausaika kyseiseltä ajanjaksolta on 27 tuntia. Jos tämän sähkökunnossapitoon kuluneen ajan voisi poistaa kestäväällä vaihteistomoottorilla ja korjaukseen kulunut aika siirtää siten käyntiin, voidaan käytettävyyttä ja samalla KNL-arvoa nostaa seuraavasti:

$$K = \frac{1676,2h}{2487,9h} = 67,4 \%$$

Tehokkuuden laskelmissa on lisätty tuotantomäärää, linjan kapasiteetin mukaisesti

$$N = \frac{342849m^2}{1676,2h * 345m^2/h} = 59,3 \%$$

Laatutarkastelussa on myös hyllyn määrän lisääntyminen huomioitu prosentuaalisesti tuotantomäärän kasvun mukaan:

$$L = \frac{342849m^2 - 53225m^2}{342849m^2} = 86,8 \%$$

$$\text{Tällöin uusi KNL-arvo} = 0,674 * 0,593 * 0,868 = \mathbf{34,7 \%}$$

Tällaisilla laskelmilla voidaan tuotantolaitoksissa tehostaa ja parantaa ongelmakohtia koneissa ja laitteissa. Tuloksista voidaan havaita, että pienellä toimenpiteellä saavutetaan käytävyydessä parannusta. Saavutettu parannus KNL:ssä on 33,7 % → 34,7 %.

Tarkasteltaessa pinnoituslinjalla uunien moottoreihin kohdistuneita kustannuksia edellä mainitulta tarkasteluajalta voidaan havaita huomattavia tuotannonmenetyksiä. Sähkökunnossapidollisia töitä pinnoituslinjalle on uunien moottoreiden vuoksi kohdistettu 27 tuntia, noin puolen vuoden aikana. Tuotannonmenekki 2 500 €/h, jolloin 27h*2500€= **67 500 €**. Kun tähän lisätään työkustannukset noin 27h*45€ = 1 215 € sekä materiaalikuluja noin 2 000 €, 5 kertaa vaihdetusta varaosasta (n. 400 €/kpl). Yhteensä tuotannonmenetyksiä on tullut ajalta 6.7.–28.12.2010 yli **70 000 €**, pelkästään uunien moottoriongelmiin takia. Oikeanlaisella ja sopivalla moottorilla voidaan nämä menetykset poistaa ja pinnoituslinjan käytettävyyttä ja tehokkuutta parantaa.

4 Varaosat ja varastointi

Varastoinnista ei kunnossapidossa voida koskaan välttyä. Tämä johtuu siitä, että tarvittavien materiaalien ennustaminen on vaikeaa. Vikaantumiset laitteissa ja koneissa saatavat syntyä arvaamattomasti, esimerkiksi yllättävien ympäristöolosuhteiden muutoksesta johtuvat vikaantumiset. Rakenteellisiin vikaantumisiin voidaan osittain varautua juuri kunnonvalvonnan avulla. Ongelmana on usein kunnonvalvonnasta saatujen tietojen hyödyntämättömyys materiaalilogistiikassa. Tietoa ei saada tai osata käyttää hyödyksi materiaalilogistiikan tarpeisiin. [7, s. 8.]

Kunnossapidon tarvitsemien materiaalien, komponenttien ja varalaitteiden saatavuudessa on aina kyse taloudellisesta optimoinnista. Optimoinnissa tulee ottaa huomioon varastointikustannukset ja toimitusten nopeuttamisesta aiheutuvat lisäkustannukset ja vertailla niitä tuotannon keskeytyksistä aiheutuneisiin kustannuksiin. [8]

Tehokkaalla ja toimivalla kunnossapidolla pienennetään pääomakustannuksia, säilytetään tuotantolaitosten käyttöarvo ja lisätään laitteiden ja laitteistojen elinikää. Suoranaisia tuottoja saavutetaan varastoon sidottujen investointien poisjäämisestä, jolloin säästyneet varat voidaan käyttää tuottavampiin kohteisiin. [2, s. 14.]

Tarvittavien kunnossapito materiaalien ennustaminen on hankalaa, sillä niiden menekki on yleensä satunnaista. Monet tuotantoprosessit ovat riippuvaisia varaosakomponenttien toimitusajoista. Yksittäisen komponentin puutteen takia voi koko tuotantoprosessi pysähtyä.

Tarkalla luokittelulla voidaan määrittää, minkä laitteiden tulisi sijaita tehtaassa omassa varastossa ja mitkä voisivat sijaita toimittajan varastossa. Toki täytyy ottaa huomioon, missä laiterikkoja usein tapahtuu. Näissä tapauksissa korvaavien komponenttien täytyy löytyä tehtaassa omalta varastolta. Luokittelun voi toteuttaa vertailemalla toimitusaikaa, nimikkeen arvoa ja sen kiertonopeutta.

4.1 Varaosien luokittelu ja positiointi

Pohdittaessa kunkin osan tai komponentin varastointitarvetta on otettava huomioon ainakin seuraavat tekijät [4]:

- kriittisyys, eli osan tai komponentin vikaantumisen vaikutus tuotannon keskeytyskustannuksiin
- rinnakkaisten tuotantolaitteiden kapasiteetin nostamismahdollisuus
- hankintahinta
- toimitusaika ja hankintakanavan luotettavuus
- varalaitemahdollisuus
- varastoinnin kustannukset
- välivarastot
- korvattavuus
- vikaantumisen todennäköisyys
- vikaantuneen osan korjausmahdollisuudet
- koko laitteen jäljellä oleva käyttöikä.

Prime-pinnoituslinjan moottoreiden osalta ei kriittisyyttä tarvitse luokitella sen syväliemmin. Moottorit ja vaihteet luokitellaan joko kriittisiksi tai ei-kriittisiksi kohteiksi. Kriittisiin kohteisiin kuuluvat kaikki kuljettimien, uunien sekä ruiskunpuhaltimien moottorit. Nämä ovat kriittisiä, koska vikaantuessaan, ne pysäyttävät koko linjan. Näiden kriittisten kohteiden varaosat tulisi sijaita yrityksen omassa varastossa. Ei-kriittisiä kohteita linjastolla on esimerkiksi telayksikön painotela, joka tarvittaessa voitaisiin tilata vasta valmistajalta. Tämän telan säätäminen onnistuu myös manuaalisesti, eli käsin.

Uunien kuljettimien ja puhaltimien moottorit ovat vikaantumisherkkiä, ja tähän asti vaihtoväli on ollut niissä keskimäärin muutaman kuukauden pituinen. Pinnoituslinjalla käytettävät moottorit ja vaihteet ovat pääosin melko edullisia niiden pienen koon takia. Toimitusajat ovat pääsääntöisesti linjalla käytössä olevilla nykyisillä valmistajilla pitkiä, mutta tulevilla korvaavalla toimittajalla, toimitusajat ovat nopeimmillaan vain muutamia tunteja. Kuitenkin nämä nopeat toimitukset ovat tilauksina kalliimpia, kun niihin lisätään toimitustavasta johtuen kustannuslisä.

Pinnoituslinjan laitepositiointia ei ollut tehty, joten sellaisen rakentaminen kuului insinööriyöhön. Varaosien kartoituksen jälkeen, voitiin aloittaa positiointin teko. Rekisteriin merkittiin kaikki tarvittavat tiedot kyseisen linjan moottoreista ja vaihteistoista. Positiointi tukee myös tulevaa kunnossapitojärjestelmää, johon saadut tiedot laitteista voidaan myöhemmin siirtää.

Cembritin osto- ja varastojärjestelmään on sidottu jokaiselle toimintopaikalle oma kustannuspaikka, joka tässä tapauksessa on pinnoituslinja 601. Ylimpänä laitepaikka-hierarkiassa on toimintopaikka, ja sen jälkeen tulee laitepositiointi määriteltyjen laitekokonaisuuksien perusteella. Laitepositiointi käsittää linjaston yhden osakokonaisuuden esimerkiksi 01 Purkaja. Tämän jälkeen hierarkiassa tulee osakokonaisuudessa oleva koneiden positiointi, esimerkiksi 04, joka on sen laitteen (hihnakuljettimen vaihteistomoottori) kone numero 4. Tarkemmin positiointi ja laiterekisteriin kerätyt tiedot näkyvät kuvassa 8.

Prime PINNOITUSLINJA 601											
Laitepositio	Konepos.	Laite	kW	r/min	Moottorin merkki	Moottorin malli	Asennus asento	Vaihteen merkki	Vaihteen malli	välityssuhde	Asennusasento
01 Purkaja (SAG)	1	rullakuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Hydro-mec	H B3 P80 B14	35,91	B3
	2	rullakuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Hydro-mec	H B3 P80 B14	35,91	B3
	3	rullakuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Hydro-mec	H B3 P80 B14	35,91	B3
	4	hihnakuljetin	0,75	1400	Bonfiglioli	BN80B4	IM B5	Bonfiglioli	W63 U P80 B5	80	B3
	5	hihnakuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Bonfiglioli	W63 U P80 B14	45	B3
	6	rullakuljetin	1,1	1400	Bonfiglioli	BN80C4	IM B5	Bonfiglioli	C 21 2P P80	18	B3
	7	rullakuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Hydro-mec	H B3 P80 B14	35,91	B3
	8	rullakuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Hydro-mec	H B3 P80 B14	35,91	B3
	9	ketju kuljetin	0,55	1370	Drdrives	80A-4	IM B5	Bonfiglioli	W63 U P80 B14	45	B3
02 Harjalaite (Elmag)	1	tela	0,18	1320	Bonfiglioli	BN63B4	IM B5	Bonfiglioli	VF 44 A P63 B5	14	B3
	2	tela	0,18	1320	Bonfiglioli	BN63B4	IM B5	Bonfiglioli	VF 44 A P63 B5	14	B3

Kuva 8. Pinnoituslinjan positiointi

Laiterekisterin avulla löydetään nopeasti tieto linjaston laitteista ja voidaan kohdistaa kunnossapitotyöt tämän jälkeen sen jokaiselle komponentille. Yhdistämällä laiterekisteriin syynimikkeiden käyttö voidaan saavuttaa luotettavaa tietoa komponenttien vikaantumisista sekä ongelmakohtista.

4.2 Varaosien kartoitus

Monien alihankkijoiden valmistamasta pinnoituslinjasta ei ollut saatavilla selviä moottoriluetteloita, joten insinööryö aloitettiin kartoittamalla linjaston moottorit ja vaihteet. Tämä oli konkreettista työtä, jossa kirjattiin kaikki tarvittavat tiedot moottoreiden ja vaihteiden arvokilvistä. Osassa moottoreissa oli hankaluuksia lukea tietoja, sillä ne saattoivat sijaita hankalasti luokseen päästävissä paikoissa tai arvokilvet olivat niistä hävinneet. Onneksi näitä oli vain muutama kappale, joten lähes kaikkien vaihteistomoottorien tyypit saatiin selville.

Arvokilpien tiedoilla tehtiin laiterekisteri moottoreista ja vaihteistoista. Rekisterin perusteella voidaan keskitetyn valmistajan kanssa toteuttaa korvaavat komponentit. Linjaston yhtenäistetty valmistaja pienentää huomattavasti nimikkeiden määrää ja pienentää näin varastoon sitoutunutta pääomaa.

Pinnoituslinjastolla on käytössä noin viitisenkymmentä vaihteistomoottoria ja kymmenkunta eri valmistajan tuotetta. Tämä tuottaa joissain tapauksessa hankaluuksia, sillä osa komponenttien valmistajista on ulkomaisia ja näiden varaosien saatavuus heikkoa tai toimitusajat useita viikkoja. Uudella valmistajalla toimitusajat ovat nopeimmillaan vain muutamia tunteja, jolloin varaosien saatavuuteen saadaan luotettavuutta.

IEC (International Electrotechnical Commission) on julkaissut kansainvälisen standardisarjan sähkökoneiden asennusmitoista sekä määritellyt niitä vastaavat kokoa ilmaisevat tunnuksat. Standardisointi koskee tehoaluetta 0,006–123 kW. [5, s. 7.] Tehon ja akselikorkeuden välinen suhde ilmenee taulukosta 1.

Taulukko 1. Akselikorkeuden suhde tehoon. [5, s. 15.]

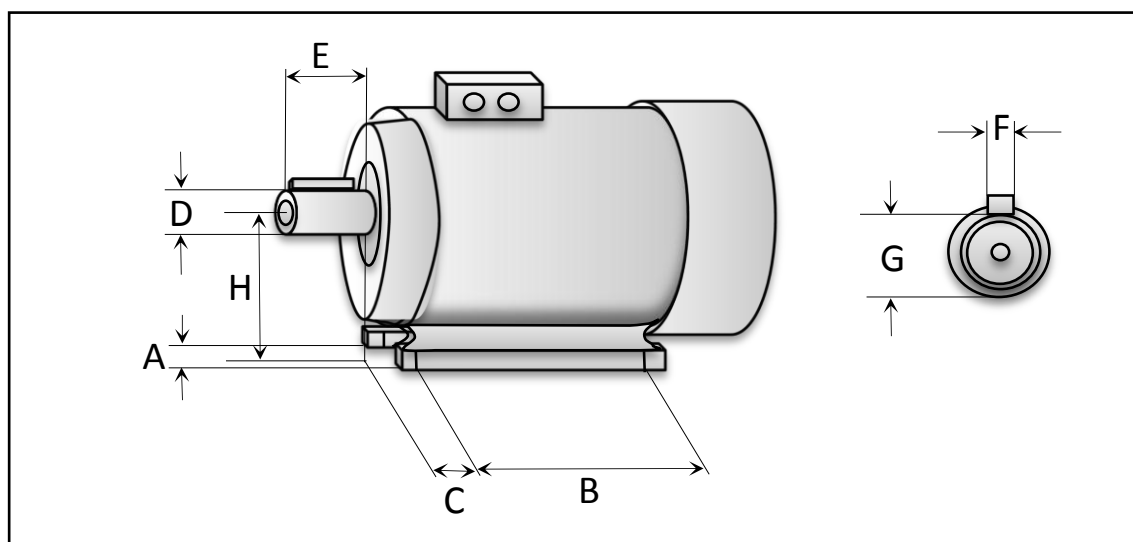
Akselinkorkeus mm	Nimellisteho kW	Akselikorkeus mm	Nimellisteho kW	kirjain akselikorkeuden perässä on rungon pituusluokka; S=short M=medium L=long
63	0,12	160 M	11	
63	0,18	160 L	15	
71	0,25	180 M	18,5	
71	0,37	180 L	22	
80	0,55	200 L	30	
80	0,75	225 S	37	
90 S	1,1	225 M	45	
90 L	1,5	250 M	55	
100 L	2,2	280 S	75	
100 L	3	280 M	90	
112 M	4	315 S	110	
132 S	5,5	315 M	132	
132 M	7,5			

Koneet, jotka käyttävät standardin mukaista tunnusta, ovat asennusmittojensa puolesta keskenään vaihtokelpoisia. Jolloin samassa asennuspaikassa pystyy käyttämään minkä tahansa valmistajan standardisarjan mittojen mukaisesti valmistamaa moottoria, eikä silloin tarvita muutoksia moottoreiden kiinnityksiin tai kaapelointiin. [5, s. 7.]

Standardissa määritellyt mitat ovat akselikorkeus sekä asennus- ja akselitappienmitat eri suojausluokkia ja kokoja varten (taulukot 2–3 sekä kuvat 9–10.) Lisäksi moottorin liitäntäkotelon sijoitus moottoriin on määritelty.

Taulukko 2. IEC-tunnuksen mukaiset mitat jalallisessa moottorissa. [5, s. 16.]

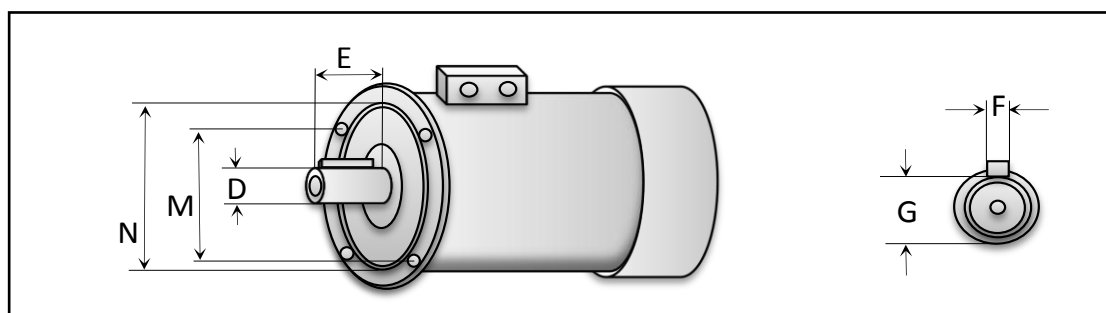
IEC-tunnus	Asennusmitat								Kiinnitysruuvi
	A	B	C	D	E	F	G	H	
71-12	112	90	45	14	30	5	11	71	M6
80-19	125	100	50	19	40	6	15,5	80	M8
90 S 24	140	100	56	24	50	8	20	90	M8
90 L 24	140	125	56	24	50	8	20	90	M8
100 L 28	160	140	63	28	60	8	24	100	M10
112 M 28	190	140	70	28	60	8	24	112	M10
132 S 38	216	140	89	38	80	10	33	132	M10
132 M 38	216	178	89	38	80	10	33	132	M10
160 M 42	254	210	108	42	110	12	37	160	M12
160 L 42	254	254	108	42	110	12	37	160	M12
180 M 48	279	241	121	48	110	14	42,5	180	M12
180 L 48	279	279	121	48	110	14	42,5	180	M12
200 M 55	318	267	133	55	110	16	49	200	M16
200 L 55	318	305	133	55	110	16	49	200	M16



Kuva 9. Jalallisen moottorin mitat. [5, s. 16.]

Taulukko 3. IEC-tunnuksen mukaiset mitat laipallisessa moottorissa. [5, s. 17.]

IEC-tunnus	Asennusmitat						Kiinnitysruuvi
	D	E	F	G	M	N	
14 FF 130	14	30	5	11	130	110	M8
19 FF 165	19	40	6	15,5	165	130	M10
24 FF 165	24	50	8	20	165	130	M10
28 FF 215	28	60	8	24	215	180	M12
38 FF 265	38	80	10	33	265	230	M12
42 FF 300	42	110	12	37	300	250	M16
48 FF 300	48	110	14	42,5	300	250	M16
55 FF 350	55	110	16	49	350	300	M16



Kuva 10. Laipallisen moottorin mitat. [5, s. 17.]

Pinnoituslinjalla käytössä olevista moottoreista lähes kaikki ovat standardinmukaisia koneita, jolloin näiden vaihto toiseen valmistajaan sujuu helposti. Vaihteistojen osalta vaihto on monimutkaisempaa, koska eri valmistajien komponentit ovat jo fyysisesti erikokoisia ja -muotoisia. Standardisointia ei vaihteistojen osalta ole määritelty, jolloin usein eri valmistajilla on hieman erilaisia variaatioita laitteissaan. Näissä ongelmia ilmenee ulkomittojen, akselimittojen ja korkeuden sekä asennusmittojen vaihteluina. Monet valmistajat haluavat näin pitää kiinni omista laitteistaan, eikä niiden vaihtamista ole siten helpotettu yhtenäistämällä myös vaihteistoja.

Insinööriyössä valittiin koepisteeksi 2-uunin kuljettimen moottori, johon suoritettiin vaihto korvaavalta valmistajalta. Kuumuuden takia laite vikaantuu usein, ja se on yleensä jouduttu vaihtamaan muutamien kuukausien välein. Koepisteessä on kyseessä jalallinen vaihteistomoottori, jonka akselin päässä on hammasratas, josta taas voima siirretään ketjun avulla kuljettimien rulliin. Vaihteistomoottorin vaihtoon tarvittavia tietoja tässä tapauksessa ovat korvattavan merkki ja malli, teho, kierrosluku, välityssuhde, momentti, akselimitat sekä asennusmitat ja -asento. Laitteen ulkomitoista ei tarvinnut välittää, sillä tilaa moottorin ympärillä oli runsaasti. Tarvittavien tietojen jälkeen mietittiin sopiva vaihtoehto vanhalla kuvassa 11 näkyvälle laitteelle.



Kuva 11. Uuninkuljettimen vanha vaihteistomoottori

Kiinnitysmitojen ja akselin eri korkeudesta johtuvien erojen vuoksi, joudutaan kuvassa 11 näkyvä kiinnitysalusta tekemään uudestaan, mutta sen teko on vaivatonta, valmistajalta saaduilla tarkoilla mitoilla. Korvaavan laitteen akseli on samankokoinen, jolloin vanhoja hammasrattaita voidaan myös käyttää. Uudessa vaihteistomoottorissa on myös enemmän vääntömomenttia, mikä parantaa laitteen kestoa.

Taulukko 4. Moottoreiden käämeissä tavalliset eristysluokat IEC 85 Standardi. [9]

Eristysluokka		B	F	H
Sallittu "kuumimmam pisteen" lämpötila	°C	130	155	180
Sallittu vastusmittauksen avulla määritetty käämityksen lämpötila	°C	120	145	165
Sallittu käämityksen lämpenemä, kun ympäristön lämpötila on +40°C	°C	80	105	125

Eristysmateriaalit on standardissa IEC 85 jaettu taulukon 4 mukaisiin luokkiin. Kuumien ympäristöolosuhteiden (150°-200°) takia korvaavaan laitteeseen tulee eristysluokka H, kun se nykyisissä on ollut F-luokka. Vaihteiston voiteluaineeksi valitaan synteettinen öljy, joka kestää paremmin kuumuutta kuin normaalikäytössä oleva mineraaliöljy. Suojauksen tehostamiseksi laitteeseen valittiin termistorisuojaus, jossa moottori on varustettu kolmella termistorianturilla, jotka mittaavat käämien lämpötilaa moottorin sisukissa. Koepisteen tulosten ja yhteensovittamisen jälkeen voidaan linjan muita laitteita siirtää korvaavalle valmistajalle ja tulevaisuudessa saadaan kaikki laitteet korvattua paremmilla, edullisimmilla ja nopeammin toimitettavilla tuotteilla.

4.3 Varaosien ja materiaalien varastointi

Kilpailukyky nykyisillä markkinoilla edellyttää tuotantoprosessissa materiaalin lyhyttä läpäisyaikaa, toimintavarmuutta sekä kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuutta pyritään toteuttamaan muun muassa minimoimalla varastoihin sitoutunutta pääomaa. Pienentyneet varastot voivat lisätä riskiä tuotantoprosessissa pitempi aikaisiin katkoksiin, ja näin vaikuttaa jopa toimitusaikojen myöhästymiseen. [6, s. 9.]

Kunnossapidon varastointitarve on normaalin tuotannon varastointitarvetta selvästi vaativampi, koska

- nimikkeiden määrä suuri
- satunnaisesti tarvittavia komponentteja käytössä
- käytössä vaativiakin osakokonaisuuksia, jotka vaativat erikoisolosuhteita
- varastoinnin on taattava osien moitteeton toiminta pitkänkin varastointikauden jälkeen. [8]

Materiaalilogistiikassa tärkeimmät tehtävät on mitata, havainnoida, kerätä ja kirjata tietoa materiaalitytarpeista. Ilman luotettavaa tietoa materiaalitytarpeista on varastoinnin ja materiaalityvirtojen hallinta mahdotonta. Ennustetietojen ja määritellyn materiaalitytarpeiden avulla voidaan varautua tulevaan tai jo käsillä olevaan tarpeeseen. Kunnossapidossa vain osa sen käytössä olevasta materiaalitylistä on varastoituna omaan varastoon ja valtaosa tarvikkeista täytyy tilata toimittajilta, kun tarve ilmaantuu. Hyvällä hankintojen suunnittelulla ja hallitulla ostotoiminnalla vaikutetaan suuresti materiaalitylogistiikan kustannuksiin ja sitä kautta koko kunnossapidon kustannuksiin. [3, s. 205.]

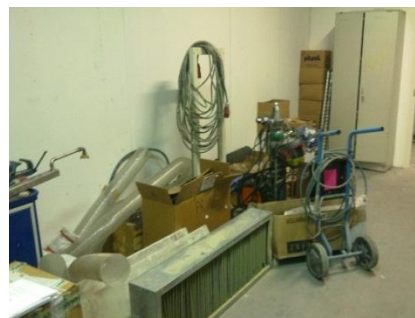
Varaston tehokas toiminta edellyttää jatkuvaa ylläpitoa. Kirjanpito täytyy olla täsmällistä tai toiminta kärsii. Käyttövarmuus heikentyy, jos nimikkeen pitäisi kirjanpidon mukaan löytyä hyllystä, mutta se puuttuu kokonaan. Huono varaston järjestys aiheuttaa tehottomuutta, kun aika kuluu tavaroiden etsimiseen. Hyvään varastointiin kuuluu, että varaosat ja tarvikkeet löytyvät hyllyistä ja ne ovat koodattuina omilla paikoillaan. [3, s. 209.]

Cembritin käyttämää osto- ja varastojärjestelmää ollaan tulevaisuudessa vaihtamassa. Useat eri henkilöt ovat täydentäneet järjestelmää ilman yhtenäistä ohjeistusta. Sen tiedot ovat puutteellisia, ja järjestelmä on nimikkeiden kirjauksen osalta keskeneräinen.

Cembritillä on ennen ollut useita varastopaikkoja ja vain yhdestä on pidetty varastorekisteriä. Varastointia on pyritty keskittämään ja näin on päästy kahteen varastoon, joista toinen toimii Boardin varastona ja toinen Primen varastona. Prime-varasto on kooltaan pieni, mutta siellä on tarkoitus varastoida vain sen linjalle kuuluvia varaosia. Varaston ylläpito ei sido juurikaan henkilöitä, mutta sen hallinnointiin satunnaisesti on varattava henkilö, joka kirjaa nimikkeiden sisään- ja uloskirjauksen sekä hoitaa logistiikan. Varasto kuuluu osana tehtaalla meneillään olevan 5S-järjestyksen ja siisteyden alueisiin (kuvilla 12 ja 13). Kun varasto on saatu järjestykseen, täytyy siihen sitoa myös henkilö, joka ylläpitää sen järjestystä.



Kuva 12. Prime varasto ennen 5S:n tuloa.



Kuva 13. Järjestetty varasto 5S:n jälkeen.



Tällä hetkellä pinnoituslinjalla on 13 erilaista ja 13 eri valmistajien toimittamaa vaihteistomoottoria käytössä. Kaikkien näiden hallinta on vaivalloista ja aikaa vievää. Niiden varastointi vie paljon tilaa, mikäli lähes jokaista vaihtolaitetta tarvittaisiin varastoida. Yhdistämällä moottoreita ja vaihteistoja voidaan varaosamoottorivalikoima vähintään puolittaa nykyisestä. Linjastolla käytettävät moottorit ja vaihteistot ovat pienikokoisia ja edullisia laitteita, joten niiden varastointi ei aiheuta suuria ongelmia tai kustannuksia.

4.4 Vertailuesimerkki

Linjastolla käytössä olevien vaihteistomootoreiden hinnat ovat edullisia verrattuna varaosan odottelusta johtuviin tuotannonmenetyksiin. Niiden varastointi on omassa varastossa välttämätöntä, jotta pitkäaikaisilta katkoilta voidaan välttyä. Nimikkeiden määrä on pieni, ja nimikkeet eivät juuri sido rahaa. Muutamien kriittisten kohteiden varaosien varastointi on tarpeen verrattuna seuraavissa laskelmissa ilmeneviin seikkoihin:

Valmistajat rakentavat myymänsä vaihteistomoottorinsa usein tilauksien mukaan ja varastoja pyritään näin pienentämään myös heillä. Jälleenmyyjät eivät myöskään pidä suuria varastoja erilaisista laitteista vaan pyrkivät pitämään vain menekkipotentiaalit hyllyissään. Cembritin valitsema uusi vaihteistomootoreiden valmistaja ja toimittaja lupautuu toimittamaan uuden laitteen n. 3–4 tunnissa, riippuen aina kyseisen komponentin koosta, varustelusta sekä toimitusmatkasta.

Kun valmistajan lupaamaan toimitusaikaan lisätään komponentin vaihtoon ja linjaston starttiin kulunut aika, saadaan kokonaiskesto tuotannonkatkolle 6–7 tuntia. Maalauslinjan seisominen maksaa noin 2 500 € tunnilta, tällöin voidaan laskea pelkästään tuotannon menetykseksi 15 000–17 500 euroa. Mikäli tarvittava vaihtolaite löytyy suoraan yrityksen varastosta, sen vaihto ja startti kestää keskimäärin 2–3 tuntia. Tällöin tuotannonmenekiksi voi laskea 5 000–7 500 euroa. Tämän lisäksi kuusihenkinen käyttöhenkilöstö ei ole toimeentulona 3–5 tuntiin, joka johtuu toimituksen saapumisen odottelusta. Näin ollen jo pikatoimituskulujen ja henkilöstökulujen perusteella saavutetaan lähes vaihtolaitteen hinta. Linjastolla olevat vaihteistomoottorit maksavat keskimäärin 500–2500 euroon.

Vaihtolaite valmistajalta (pikatoimitus):

- laitteen valmistus 2–3 tuntia (riippuen laitteen koosta ja varustelusta)
- pikatoimitus 1,5 tuntia
- vaihtotyö n. 1 tunti
- linjaston startti 1–2 tuntia.

Linjaston seisokki n. 6–7 tuntia -> tällöin tuotannonmenekki 15 000–17 500 €

Mikäli varalaite löytyisi varastosta, sen vaihtamiseen ja starttiin kuluu keskimäärin 2–3 tuntia -> tällöin tuotannonmenekki 5 000–7 500 €

Pikatoimituksessa laitteelle lisätään pikatoimituslisä, joka valmistajilla on 10–20 % toimituksesta. Pienissä vaihteistomootoreissa kokonaislisämaksut eivät ole rahallisesti merkittäviä mutta suuremmissa laitteissa jo tuntuvia. Toisaalta isojen moottoreiden varastointiin sitoutuu paljon pääomaa, joka on huomioitava, mikäli laitteet halutaan pitää omassa varastossa.

Pikatoimituslisän lisäksi laitteen nopea toimitus tehtaalle aiheuttaa myös lisäkustannuksia. Tuotantolinjan kone tai laite voi rikkoontua yöllä, jolloin sen pikatoimitukseen joudutaan käyttämään esimerkiksi taksia. Pitkillä välimatkoilla kustannukset tällaisissa tapauksissa voivat olla varaosan hintaan nähden myös suuria. Pelkästään ylimääräisistä kustannuksista aiheutuvat menot voivat saavuttaa jo lähes vaihtolaitteen hinnan, jolloin tällaisissa tuotantolinjan kriittisissä komponenteista voidaan todeta, että niiden täytyy olla tehtaalla omassa varastossa.

Pienten vaihteistomoottorien varastointikustannukset ovat hyvin pienet, jos verrataan niitä tuotannon menekkiin ja nopean toimituksen lisäkustannuksiin. Pinnoituslinjalla on käytössä vain pieniä vaihteistomoottoreita, joten ne eivät sido suuria summia tai vaadi suurta varastointitilaa. Lisäksi laitteiden varastointitarve on hyvin pieni, kun pinnoituslinjan varaosamoottorit on saatu yhtenäistämällä saman valmistajan edustamiksi. Näin ollen varaosakomponentteja ei tarvita kuin muutamia kappaleita Prime-pinnoituslinjan varastoon.

Edellä mainitun ja edellisellä sivulla olevasta laskelman perusteella voidaan todeta, että tehtaalla omassa varastossa sijaitsevien kriittisten komponenttien tarve on suuri. Jos varalaite tilattaisiin kiireellä valmistajalta, siitä aiheutuvat kustannukset ja tuotannon menetykset nousevat tuhansiin euroihin. Tuotannonmenetykset voitaisiin tällaisissa tilanteissa vähintään puolittaa ja toimintavarmuus pitää. Lisäksi kriittisten laitteiden varastoinnissa pitää ottaa huomioon myös mahdollisen pitkäaikaisen seisokin vaikutukset tuotannon suunnitteluun ja pahimmassa tapauksessa aina asiakkaan toimituksen viivästymiseen.

5 Johtopäätökset

5.1 Parannusehdotukset

Kunnossapitotoimintaa voidaan tehostaa esimerkiksi jakamalla kunnossapitohenkilöiden työtehtäviä myös käyttöhenkilöille. Käyttöhenkilöstöä tulisi kouluttaa vikojen tunnistamiseen pinnoituslinjalla ja ennakoivien toimenpiteiden käyttöön. Koneiden käyttäjät voisivat toteuttaa visuaalisia tarkastuksia linjastolla työskennellen ja linjan huollon yhteydessä. Visuaaliset tarkastukset olisivat lähinnä äänien, värinän havaitsemiseen sekä likaantuneisuuden ja öljymäärien tarkastuksia.

Tulevaisuudessa käyttöhenkilöstön voisi sitoa vastuuseen linjatoiminnasta sekä sitoa vastuun tuotantopalkkioon. Tällä tavoin saadaan tuottavaa kunnossapittoa tehtaan toimintaan. Käyttöhenkilöstön huoltotoimenpiteitä pinnoituslinjastolla on tarkennettu huoltosuunnitelmassa liitteessä 1. Koneiden ja laitteiden moitteeton toiminta varmistaa linjaston korkean käytettävyyden ja kasvattaa näin yrityksen tulosta.

Pinnoituslinjalla saadaan tällä hetkellä tuotannonkatkosta tieto yli 5 minuutin katkoista. Tämän rinnalle voitaisiin lisätä tilatieto alle 5 minuutin katkoista, koska niistä aiheutuvat seisokit muodostuvat yleensä varsin suuriksi. Tällä tiedolla voitaisiin saada luotettavampaa tietoa linjan oikeasta käynnistä ja käytettävyydestä. Tämä olisi helppo toteuttaa vain aseteltua arvoa muuttamalla, mutta ongelma piilee syynimikkeiden kirjaamisessa. Syynimikkeet täytyy käyttö- tai kunnossapitohenkilön kirjata manuaalisesti ohjelmaan. Mikäli lyhytaikaiset seisokit kasvattavat paljon ilmoitusten nykyistä määrää, on riski, ettei näitä seisokkeja kukaan jaksakaan kirjata. Nykyisten 5 minuutin tai pitempien katkojen merkinnän tulisi käyttöhenkilön kirjata, mutta merkinnät ovat usein uupuneet.

Edellä mainittuun voisi parannuksena ottaa käyttöön lisättäväksi keskukseen lähtökortin, joka estäisi linjaston käytön, ennen kuin merkintä katkoon johtaneesta syystä on kirjattu ohjelmaan. Toisena ehdotuksena voisi jakaa sähkö- ja mekaaniset syynimikkeet asentajien kirjattavaksi, kun asentajat kuitenkin joutuvat linjastolle tulemaan korjaustoimenpiteisiin. Loput linjastolle olevat syykoodit olisivat käyttöhenkilöstön kirjauksien alaisia.

Kun syynimikkeiden käyttö on vakinaista, voidaan ohjelmaan lisätä pinnoituslinjan laitepositiointi. Tämän jälkeen tiedot ohjelmasta voidaan kerätä laiterekisteriin, johon voidaan vika-analyysin toteuttaminen aloittaa. Sähköasentajat ovat aloittaneet keräämään jo pienimuotoista vikarekisteriä, josta tiedot voidaan siirtää tulevaan kunnossapitojärjestelmään. Näiden tietojen perusteella voi jo selvittää yleisiä ongelmia ja niiden ratkaisuja.

Vanhanaikainen termi "aloitelaatikkotoiminta" kaipaakaan tänä päivänä yrityksissä kehitystä. Cembritillä on palautelaatikko sekä "kehko" kehitys- ja korjaustoimenpidetaulukko käytössään. Näihin tuotannonhenkilöt voivat kirjata havaittuja puutteita ja asioita. Kehkon käyttö on jäänyt toisinaan vähälle, ja se on osittain haitannut uusien ideoiden saantia sekä linjaston kehittymistä. Parannusehdotusten saanti on yrityksille erittäin tärkeä, sillä linjastolla toimivat henkilöt tietävät parhaiten koneensa toiminnan.

Parannusehdotusten tekijöiden on pystyttävä reaaliajassa seuraamaan heidän ideoidensa kulkua, jotta saavat sen kuvan, että yritys todella reagoi heidän panostukseensa. Uusien innovatiivisten ideoiden saaminen on myös työilmapiirin ja viihtyvyyden ehto. Kun käyttöhenkilöt tuntevat itsensä tullee kuulluksi ja tiedon menevän perille, on tällaisella suuri vaikutus tuotantolaitoksen toimivuuteen.

Nämä parannusehdotukset voisivat myös olla sidottuina tuotantopalkkioihin, ja tätä voisi soveltaa koko tehtaassa. Jokaiselta vuorolla tulisi kuukaudessa tulla tietty määrä ehdotuksia. Nämä ehdotukset katsottaisiin läpi ja ne toteutettaisiin oikeasti. Toteutuksen jälkeen tehdyt toimenpiteet arvioidaan ja pisteytetään. Pisteytyksen mukaisesti määrittyy myös niistä saadut palkkiot.

Toisinaan huolto- tai korjausilmoitusten töiden tiedonkulussa on ollut myös puutteita. Käyttöhenkilöstöllä saattaa joskus työtilausten tekeminen kestää kauan tai monen henkilön kautta kulkeva viesti viipyä tai jopa kadota kiertokulussa. Parannusehdotuksena tiedon kulkuun voisi olla joko tämän kehkotaulukon parempi ohjeistaminen, tai sitten voitaisiin tehdä uudet välilehdet, joissa olisi eroteltuna molemmat taulukot

- korjaustoimenpiteet
- parannusehdotukset.

Korjaus- ja huoltotoimenpiteet voitaisiin luokitella kahteen luokkaan: kriittisiin ja ei-kriittisiin. Havaitessaan näitä kriittisiä ongelmia tulisi havaitsijan tehdä siitä suoraan ilmoitus tarvittavalle asentajalle (sähkö- tai mekaanisen asentaja) tai vähemmän kriittisissä tapauksissa korjaustoimenpidetaulukkoon.

Korjaustoimenpide- ja parannusehdotustaulukot voisivat sijaita samassa tuotannonraportoinnin kansiossa, johon käyttöhenkilöstö muutenkin kirjaa linjan tapahtumia ja tuotantomääriä. Taulukko olisi näkyvillä kaikille tuotannon henkilöstölle ja asentajille. Taulukosta voisivat käyttöhenkilöt seurata ilmoittamiensa korjaustoimenpiteiden ja parannusehdotusten kulkua, joka päivitetään aina kun ehdotus tai työ on otettu ns. työn alle tai harkintaan. Laitosmiesten ja sähköasentajien taukotilaan pitäisi saada myös välittömästi tietokone, josta he voisivat seurata näitä ilmoituksia ja kirjata omia toimenpiteitään. Laitosmiehet ja sähköasentajat voisivat taulukoiden avulla suorittaa ennakko-toimenpiteitä linjahuollon tai viikonlopun aikana. Tällä tavalla saadaan suunnitellun mukainen toimenpide tehtyä tuotannon keskeytyksettä ja ennakkohuoltoa toteutettua.

Edellä mainituilla toimenpiteillä voitaisiin alustavasti parantaa kunnossapitoa ja sen toimintaa. Nämä taulukot ja muut kirjaamiset siirretään jatkossa tulevalle kunnossapitojärjestelmälle, jotta kaikki kirjaukset ja muut tiedot löytyvät helposti yhdestä paikasta, eikä kirjauksia tarvitsisi tehdä sinne tänne. Uusi kunnossapitojärjestelmä toisi merkittävän helpotuksen nykyiseen toimintamalliin.

Huoltosuunnitelmaa sähkölaitteiden osalta pinnoituslinjalla ei ollut vielä käytössä. Tällaisen toimintasuunnitelman laatiminen kuului insinööriyöhön. Suunnitelman piiriin otettiin pääsääntöisesti pinnoituslinja, mutta myös sen keskukset on huomioitu. Huoltosuunnitelma suunniteltiin havaittujen ongelmien, eri henkilöiden haastatteluiden sekä valmistajien käyttöohjeiden perusteella. Asentajien mukaan, mikäli ennakkohuoltoja halutaan lisätä koko tehtaalla, tarvittaisiin myös niiden hoitamiseen lisätyövoimaa. Esimerkiksi hydraulikka-ammattilaisen palkkaaminen toisi merkittävää parannusta nykyiseen. Huoltosuunnitelma on laadittu liitteeksi 1.

5.2 Ongelmakohdat pinnoituslinjalla

Suuri ongelmakeikka pinnoituslinjalla on uunien kuljettimien ja puhaltimien moottoreiden vikaantuneisuus, joka aiheutuu kuumasta ympäristöstä. Aikaisemmin tilatut varaosat ovat olleet vakiomootoreita, joita ei ole tarkoitettu niin kuumiin olosuhteisiin. Jatkossa näiden kohteiden varaosamootorit tulevat olemaan näihin oloihin sopivammat, kun niiden eristysluokitus on suurin, laakerit ja tiivisteet ovat kuumakestoisia, voiteluaineena on synteettinen öljy ja suojaukseen lisätään termistorit. Näillä parantavilla toimenpiteillä voidaan luotettavuutta lisätä.

Uunien puhaltimet sijaitsevat keskellä uunia, ja niiden ympärillä on kotelomainen rakenne. Puhaltimille johdetaan korvausilmaa aukosta, joka on varustettu suodattimella. Nämä suodattimet tukkeutuvat usein ja aiheuttavat sen, että viileämpää ilmaa ei tule moottorille. Tähän ongelmaan pikaratkaisu on suodattimien säännöllinen vaihto tai myöhemmin sisäänvaloaukkoon lisättävä pieni puhallin, joka toisi korvausilmaa moottorille.

Kuivatusuuneissa on lisäksi ongelma ketjujen voitelussa. Kuljettimien ketjujen voitelu on tärkeää, ja sillä voidaan ennaltaehkäistä paljon ketjujen venymistä ja lopulta niiden katkeamista. Pinnoituslinjalla on kaikkiaan viisi voitelupistettä, joista aikaisemmin ketjujen voitelu on hoidettu kaasupainepatruunoilla (kuva 15). Nämä patruunat eivät ole toimineet linjan olemassaolon aikana ollenkaan, ja sen takia ketjut ovat usein katkeilleet ja näin aiheuttaneet tuotannonkatkon. Katkeilun välttämiseksi ketjujen voitelu korvattiin erillisvoitelujärjestelmällä (kuva 16), josta voitelu otettiin kolmessa pisteessä käyttöön. Keskusvoitelu on automaattijärjestelmä, joka pumppaa voitelukohteisiinsa tietyn väliajoin öljyä. Pumppu laskee toiminta-aikaa kuljettimelta saadusta tilatiedosta, jolloin voitelu hoidetaan ainoastaan silloin, kun pinnoituslinja on käytössä. Järjestelmä voitelee 2 minuutin ajan ja odottaa 20 minuuttia, kunnes aloittaa uuden voitelukierroksen. Voiteluaika laskettiin sen mukaan, kuinka kauan ketjun kiertoon uunissa kuluu aikaa. Jo muutaman viikon havaintojen jälkeen voitelu on toiminut hyvin ja järjestelmä tullaan lisäämään loppuihin voitelupisteisiin.



Kuva 15. Vanha voitelujärjestelmä.



Kuva 16. Uusi erillisvoitelujärjestelmä.

Yleinen ongelma Prime-tehtaalla on ollut varaosien vähyys, niiden saatavuus sekä niiden hallinta. Insinööriyössä tehdyllä varaosien kartoituksella saatiin selville linjan kaikki moottorit ja vaihteet. Näiden tietojen perusteella saadaan tietoa siitä, minkälaisia tarvittavia varaosia on syytä edes olla. Vanhojen varaosien saatavuus on ollut huonoa johtuen vallitsevasta ulkomaalaisesta komponenttien valmistajasta. Uuden valmistajan avulla yhtenäistetään linjaston moottoreita ja vaihteita ja saavutetaan huomattavasti pienempi varaosien lukumäärä. Järjestettäessä Prime-tehtaan varasto saadaan näille varaosanimikkeille selkeät ja järjestelmälliset paikat. Kun saadaan tieto tarvittavista nimikkeistä, voidaan myös niiden varastointia ja hallintaa parantaa. Kartoituksen avulla saatiin tehtyä myös toimintopaikka- ja laitepositiointi pinnoituslinjalle, ne pohjustavat tulevaa kunnossapitojärjestelmää.

Pinnoituslinjalla käytössä oleva maali, eli pinnoite on hyvin jämääkää ainetta, joka tulvitus- ja ruiskulaitteen lähettyvillä leviää osittain lähiympäristöön. Tästä johtuen muutamia näiden laitteiden moottoreista ovat pinnoitteen peitossa, mikä lisää moottoreiden kuumenemista ja näin ollen niiden vikaantumista. Näiden moottoreiden rimat tulisi puhdistaa ja niiden ympärille rakentaa suojus, joka estäisi pinnoitteen pääsyn moottorin ympärille.

Kenttäkeskuksiin on tullut ympäristöstä pölyä ja muuta likaantuneisuutta. Sähkökaappeja ei ole puhdistettu, ja siinä saattaa piileta risksinä kaappien kuumenemiseksi. Tämä saattaa aiheuttaa laiterikkoja tai jopa tulipalon vaara. Näissä kaapeissa olevat suodattimet pitäisi myös vaihtaa samalla kun puhdistus toteutetaan. Keskuksien puhdistus ja niissä olevien suodattimien vaihto on otettu huoltosuunnitelmassa yhdeksi säännölliseksi toimenpiteeksi.

6 Yhteenveto

Insinööriytyö tehtiin osana Cembritin kunnossapitoprojektia. Työn tarkoituksena oli parantaa Prime-tehtaan pinnoituslinjan käytettävyyttä. Käytettävyyttä voidaan parantaa useilla keinoilla, esimerkiksi joko lisäämällä ennakkohuoltoja, varastointia parantamalla tai kunnossapitoa tehostamalla. Työssä käsiteltiin erilaisia kunnossapito menetelmiä ja varaosien hallintaa. Insinööriytyössä kartoitettiin pinnoituslinjalla havaittuja ongelma-kohtia sekä ehdotettiin niihin parannustoimenpiteitä.

Insinööriytyö aloitettiin pinnoituslinjan varaosien kartoituksella, joka rajattiin linjan moottoreihin ja vaihteistoihin. Näistä komponenteista ei linjastolta aikaisemmin ollut selvää tietoa. Ilman kyseistä tietoa ei myöskään niiden varaosahallintaa ollut kyetty kunnolla toteuttamaan, eikä laiterekisteriä tai toimintopaikkapositiontia rakentamaan. Kartoituksella saavutetuilla tuloksilla havaittiin, kuinka paljon linjalla on erilaisia ja eri valmistajien komponentteja käytössä. Kartoituksen perusteella voidaan tulevaisuudessa kaikki linjan eri valmistajien vaihteistomoottorit yhtenäistää ja jatkossa tilata vain murto-osa kaikista vanhoista.

Linjastolla käytössä olevat vaihteistomoottorit ovat pienikokoisia ja edullisia. Niiden kriittisyystarkastelussa jaettiin laitteet joko kriittisiksi tai ei-kriittisiksi kohteiksi. Valinta perustui siihen, minkälainen vaikutus kyseisellä komponentilla on linjaston käyntiin. Näiden kriittisten laitteiden kohdalla varaosat säilytetään tehtaan omassa varastossa ja ei-kriittiset tilataan tarvittaessa valmistajalta. Uuden valmistajan edustajan mukaan linjastolla käytössä olevien pienten moottoreiden osalta ennakkohuoltoa kannattanee toteuttaa vain visuaalista tarkastusta käyttäen. Näiden turvaaminen varaosilla on riittävä keino.

Kun visuaalista tarkastusta käytetään, on käyttöhenkilöstön koulutuksella suuri merkitys. Heidän tulisi tunnistaa vikojen syntyminen ja ilmoittaa siitä välittömästi eteenpäin suoraan tarvittavalle asentajalle. Näillä toimenpiteillä jää vian ennaltaehkäisyyn ja sen korjaamisen suunnitteluun riittävästi aikaa. Mikäli vikaantuminen on päässyt liian pitkälle laitteessa, ei sen vaihtoa voida toteuttaa tuotannonkatkoitta. Suunnitelmallisen työn merkitys kasvaa, kun käytettävyyttä halutaan parantaa.

Nykyinen Primen käyttämään valvomo-ohjelmaan voidaan lisätä lähes mitä tahansa tietoa linjalta. Tähän ohjelmaan voitaisiin lisätä muun muassa kunnonvalvontaa mittavia asioita, esimerkiksi värähtely- tai lämpötilamittauksia. Näiden lisäämisessä täytyy kuitenkin ottaa huomioon uunien kuumat olosuhteet, jotka voivat estää anturien asentamisen kohteeseen. Tulevaisuutta ajatellen on hyvä huomioida ohjelman laajennusmahdollisuus, kun päästään riittävän pitkälle perusasioiden parannuksessa.

Insinööriyön yhtenä tavoitteena oli toteuttaa huoltosuunnitelma pinnoituslinjalle. Tämä saatiin toteutettua, mutta havaintoja sen käytöstä saadaan vasta pitemmän seuranta-jakson aikana.

Insinööriyön ohella kehitettiin myös työviihtyvyyden ja -turvallisuuden ongelmakohtia pinnoituslinjalla. Erinäisiä ongelmakohtia saatiin selville yrityksen eri henkilöiden haastatteluilla ja parannusehdotuksia pohdittiin yhdessä niin sähköasentajien kuin muidenkin henkilöiden kanssa. Toimenpiteillä tullaan saavuttamaan joustavuutta, turvallisuutta ja tehokkaampaa kunnossapitoa.

Lähteet

- 1 Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja. 2000. Verkkodokumentti. ABB.
<http://heikki.pp.fi/abb/>. Luettu 30.1.2011.
- 2 Tietoja Cembrit Oy:stä. Verkkodokumentti. Cembrit Oy
<www.cembrit.fi/Tietoa%20yrityksestä-22541.aspx>. Luettu 17.1.2011.
- 3 Järviö, Jorma. 2010. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- 4 Kunnossapito. Verkkodokumentti. Opetushallitus.
<www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet1-1_mita_on_kunnossapito>. Luettu 1.2.2011.
- 5 Kauppila, Juha. 2010. Sähköasennukset 3. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 Laine, Hannu. Tehokas kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- 7 Piispa, Taina. Kunnossapidon materiaalilogistiikka käsitteenä. Verkkodokumentti. TAI Tutkimuslaitos. <www.promaint.net/downloader.asp?id=1530&type=1>. Luettu 15.2.2011.
- 8 Kunnossapito. Verkkodokumentti. Opetushallitus.
<www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-5_varaosat_ja_varastot.html>. Luettu 1.2.2011.
- 9 ST-kortti 830.72. Oikosulkumoottorit, tekninen erittely. 1994. Sähköinfo Oy
- 10 Paasila, Matti. 1985. Kunnossapito ja käyttövarmuus. Hyrylä: Oy Safematis Ltd.

Huoltosuunnitelma

	Huoltotoimenpide	Tekijät
<i>Vuosihuolto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • invertterien säätöjen tarkistus • lämpöreleen asetusten tarkistus • pääkeskuksien lämpökamerakuvaus • kenttäkeskuksien puhdistus • logiikoiden patterien vaihto • vaihdemootoreiden öljymäärien ja laadun tarkistus • moottoreiden laakerien mittauss • nosturin huolto/tarkastus 	sähkömies sähkömies sähkömies sähkömies sähkömies laitosmies ulkopuolinen palvelu ulkopuolinen palvelu
<i>½ vuosihuolto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • turvakytkimien tarkastus • hätäseispainikkeiden tarkastus • sähkölukkojen tarkastus • infrapunalamppujen tarkastus/vaihto • uunien puhallinten siipien, hihnojen tarkastus • kenttäkeskuksien suodattimien vaihto • uunien moottoreiden laakerien mittauss • moottoreiden vaihteistojen yleinen puhdistus 	sähkömies sähkömies sähkömies sähkömies laitosmies käyttöhenkilöstö ulkopuolinen palvelu sähkö/laitosm/käyt.h
<i>1 kk:n huolto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • paneelien/keskusten merkkilamppujen tarkastus/vaihto • valaisinhuolto • antureiden puhdistus • uunien suodattimien vaihto 	sähkömies sähkömies sähkömies/käyttöh. käyttöhenkilöstö
<i>Viikoittainen huolto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ketjujen tarkastus/vaihto • voitelulaitteen öljyjen tarkastus/lisääminen • kuljettimien hihnojen tarkastus/vaihto • visuaalinen tarkastuskierros: <ul style="list-style-type: none"> • laitteiden ulkoisen kunnon tarkastus • käyntiäänien tarkastus • vuotojen tarkastus • puhaltimien tarkastus 	laitosmies/käyttöh. laitosmies/käyttöh. käyttöhenkilöstö käyttöhenkilöstö